

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Στερεομεταφορική δράση και διαμόρφωση των θέσεων
εκβολής των χειμμαρικών ρευμάτων του Ν.Α Πηλίου.

ΠΟΛΥΜΕΡΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΤΡΙΚΑΛΑ 2007

**Στερεομεταφορική δράση και διαμόρφωση των θέσεων εκβολής των χειμμαρικών
ρευμάτων του Ν.Α Πηλίου.**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. **Γεώργιος Δήμος**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπων)
2. **Μάριος Σαπουντζής**, Λέκτορας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)
3. **Άρης Ψιλοβίκος** Λέκτορας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Μέλος)

«Στην οικογένεια που βρήκα και στην οικογένεια που δημιουργώ»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία ανατέθηκε στον γράφοντα την "Άνοιξη του 2005, από τον Διευθυντή του Εργαστηρίου πληροφορικής του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος καθηγητή κ. Γεώργιο Δήμο. Από τη Γενική συνέλευση του ανωτέρω τμήματος ορίσθηκαν σα μέλη της τριμελούς επιτροπής οι καθηγητές κ.κ. Άρης Ψιλοβίκος και Μάριος Σαπουντζής.

Το κείμενο της εργασίας αναφέρεται στη στερεομεταφορική δράση και η διαμόρφωση των θέσεων εκβολής των χειμαρικών ρευμάτων.

Ειδικότερα μελετάται η στερεομεταφορική δράση στη περιοχή του Πηλίου με τη βοήθεια ενός δείγματος 34 χειμαρικών ρευμάτων. Προσδιορίζονται τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, καθώς και το γεωλογικό υπόθεμα και η εδαφικάλυψη καθεμιάς, μετρίεται η μέση ετήσια διάβρωση με τη μέθοδο **Gavrilovič** και υπολογίζεται ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ του τελευταίου και των μορφομετρικών χαρακτηριστικών.

Κλείνοντας τον πρόλογο από τη θέση αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον καθηγητή κ. Γεώργιο Δήμο για την ανάθεση της εργασίας και την αμέριστη ηθική και επιστημονική συμπαράσταση του σε όλο το διάστημα της εκπόνησης της.

Τους καθηγητές κ.κ. Μάριο Σαπουντζής και Άρη Ψιλοβίκο για τις πολύτιμες υποδείξεις και διορθώσεις τους.

Τον καλό φίλο και συμμαθητή μου Σκρέκα Βάιο πολιτικό μηχανικό για τη βοήθεια στις ακριβείς μετρήσεις και στην επεξεργασία κάποιων χαρτών όπου χρειάστηκε.

Τρίκαλα Μάρτιος 2007

Βασίλειος Γ. Πολύμερος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διευθέτηση των χειμαρρικών ρευμάτων αποτελεί έργο βασικής υποδομής για την ανάπτυξη κάθε χώρας και για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της. Ειδικά για την Ελλάδα η διευθέτηση των ρευμάτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τους εξής λόγους:

Η πατρίδα μας είναι χώρα ορεινή, δέχεται ραγδαίες βροχοπτώσεις, και συγκροτείται από ευπαθές γεωλογικό υπόθεμα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη κατάλληλου προστατευτικού ψευτομανδύα, ιδίως δάσους (ποσοστό δάσωσης μόνο 19%) και με την έντονη καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος από ανθρωπογενείς επιδράσεις, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολυπληθών, μεγάλων, καταστρεπτικών χειμαρρικών ρευμάτων, τα οποία διαυλακώνουν και αποπλένουν την ελλαδική γη. Εξάλλου η μεσογειακή ιδιομορφία του ελλαδικού κλίματος, το οποίο χαρακτηρίζεται από ανομβρία κατά τη θερινή περίοδο, κάνει πολλά από τα ρεύματα αυτά "ξηριάδες", δηλαδή χωρίς θερινή απορροή και πολλαπλασιάζει, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν τότε, τις ανάγκες της χώρας σε νερό για διάφορους σκοπούς, όπως υδρευτικούς, αρδευτικούς, βιομηχανικούς, υδροηλεκτρικούς και άλλους. Πάρα πολλά υλικά μεταφέρονται δια μέσου των κοιτών των υδατορευμάτων προσχώνουν την πεδινή κοίτη, μειώνουν τις παροχετευτικές διαστάσεις και δημιουργούν πλημμυρικά φαινόμενα.

Παράλληλα αποτελούν αξιόλογο πόρο εμπλουτισμού, με θρεπτικά συστατικά και οργανισμούς, τα δέλτα τους τα οποία είναι συστήματα με πολύπλοκη και

λεπτή ισορροπία. Έτσι οι βενθικοί οργανισμοί μεταφέρουν ενέργεια από το ίζημα και τους παραγωγούς στους ανώτερους καταναλωτές (ψάρια, πουλιά) και συμβάλλουν με αυτό τον τρόπο σημαντικά στο τροφικό πλέγμα και στην υψηλή παραγωγικότητα του οικοσυστήματος.

Για το λόγο αυτό η Ελλάδα έχει άμεση ανάγκη υδρονομικών έργων.

Στη χώρα μας η ορεινή υδρονομική δράση έχει παράδοση. Οι ρίζες της βρίσκονται στην αρχαία Ελλάδα, οι δε πρώτες γνωστές διευθετήσεις χειμάρρων στην νεότερη Ελλάδα χρονολογούνται από τα τέλη του περασμένου αιώνα.

Το ορεινό υδρονομικό έργο που επιτελέστηκε μέχρι τώρα στη χώρα μας, είναι σημαντικό. Σε σχέση όμως με την έκταση της Ελλάδας και το πλήθος των χειμαρρικών ρευμάτων της το έργο αυτό δεν είναι επαρκές. Επιβάλλεται να γίνουν πολλά ακόμη. Παράλληλα δε πρέπει να συντηρείται και να συμπληρώνεται συστηματικά, ό,τι έχει ιδρυθεί. Επιπλέον όμως είναι ανάγκη να ρυθμιστεί η διαίτα των χειμαρρικών ρευμάτων και να εκτελεσθούν έργα των για την παραγωγή περισσότερου νερού. Ιδίως επιβάλλεται η ταμίευση της παροχής σε συνδυασμό με τον έλεγχο της πλημμυρικής απορροής, ώστε να ικανοποιούνται, κατά το δυνατό, οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε νερό. Τέλος, επιβάλλεται να εκτελεσθούν ορεινά υδρονομικά έργα και στα πλαίσια της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η έρευνα των αποθέσεων στα Χειμαρρικά ρεύματα στο χώρο του Πηλίου. Ειδικότερα ερευνάται η μορφολογία των αποθετικών σχηματισμών, που δημιουργούνται από τις αποθέσεις αυτές σε συσχέτισμό και με τις αντίστοιχες ορεινές λεκάνες

απορροής. Με τον τρόπο αυτό η έρευνα επιδιώκει να συμβάλει στην κατανόηση της λειτουργίας των χειμάρρων στην πεδινή περιοχή, όπως η λειτουργία αυτή υφίσταται από τη γένεση των ρευμάτων μέχρι σήμερα. Ερευνά δηλαδή τα αποτελέσματα από την χειμαρρική δράση στο χώρο αυτό, για μία περίοδο αρκετών χιλιάδων ετών. Παράλληλα όμως ερευνήθηκε και η σύγχρονη χειμαρρικότητα με τη βοήθεια της μελέτης χαρακτηριστικών της πρόσφατης δραστηριότητας των χειμάρρων.

Τέλος η εργασία, μελετώντας τους φυσικούς αποθετικούς σχηματισμούς στην αδιατάρακτη τους κατάσταση, φιλοδοξεί να συμβάλει και στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος διότι αυτοί ως γεωμορφολογικά στοιχεία που είναι αποτελούν και στοιχεία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει όλοι μας να συνειδητοποιήσουμε την «αχάριστη» συμπεριφορά απέναντι στο περιβάλλον που τόσο «καλό» μας «δίνει» και εμείς τόσο κακό του κάνουμε.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ :χειμαρρικά ρεύματα, αποθέσεις, στερεομεταφορική δράση, Gavrilovič ,λεκάνες απορροής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	2
2.1. ΤΑ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	4
2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ	10
2.2.1. Η διάρθρωση των χειμαρρικών ρευμάτων γενικά	10
2.3 ΦΕΡΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	14
2.3.1. Τα χειμαρρικά φαινόμενα παραγωγής φερτών υλών στις ορεινές λεκάνες απορροής	15
2.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΜΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	16
2.4.1. Ορισμοί, ειδική διάβρωση	16
2.5.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	17
2.5.1 Κατακρημνίσματα και ειδική διάβρωση	17
2.5.2. Γεωλογικό υπόθεμα και ειδική διάβρωση	18
2.6. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Η ΠΑΡΑΠΥΘΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ Ή ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ	21
2.6.1 Η μεταφορά φερτών υλών γενικά δυνάμεις συνοχής και μεταφορά φερτών υλών	21
2.6.2 Τρόποι μεταφοράς φερτών υλών, ορισμοί	22
2.7. ΠΑΡΑΠΥΘΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΠΕΔΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ	26

2.7.1. Οι κοίτες με πεδινό (ποτάμιο) χαρακτήρα ή πεδινές κοίτες	26
2.7.2. Κίνηση μεμονωμένου στερεού υλικού σε κινητό πυθμένα πεδινής κοίτης	27
2.8. ΣΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΠΥΘΜΕΝΕΣ ΠΕΔΙΝΩΝ ΚΟΙΤΩΝ	29
2.9. ΠΑΡΑΠΥΘΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ	33
2.9.1. Οι κοίτες με ορεινό χαρακτήρα ή ορεινές κοίτες	33
2.10. ΠΑΛΑΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΕ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ	36
2.10.1 Νόμοι της κίνησης στερεών υλικών στον πυθμένα ορεινών κοιτών των χειμαρρικών ρευμάτων	36
2.11. ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ	37
2.12. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ	38
2.13. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Η ΑΙΩΡΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ	42
2.13.1 Η αιωρομεταφορά	42
2.14. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ Η ΜΑΖΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ (ΧΕΡΑΔΟΜΕΤΑΦΟΡΑ) ΚΑΙ Η ΘΟΛΗ (ΠΥΚΝΗ) ΜΕΤΑΦΟΡΑ	43
2.14.1 Η μαζική μεταφορά φερτών υλών	43
2.14.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία χειμαρρολάβας	50
2.15. Η ΘΟΛΗ Ή ΠΥΚΝΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ	54

2.16. ΑΠΟΘΕΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ	58
2.16.1. Αίτια και διάκριση της απόθεσης φερτών υλών	58
2.16.2 Εσωτερικές αποθέσεις στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων	60
2.16.3. Αποθέσεις των χειμαρρικών ρευμάτων στα αλλουβιακά ριπίδια	63
2.17. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΩΝΟΥΣ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ	65
2.17.1 Κώνοι πρόσχωσης σε ρεύματα με στερεωμεταφορά	65
2.17.2 Κώνοι πρόσχωσης σε ρεύματα με μαζική μεταφορά (χέραδοι)	74
2.18. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΟΙΤΗ ΑΝΑΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΟΙΤΗ ΕΚΒΟΛΗΣ	79
2.19.ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΔΕΛΤΑ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ	80
2.20. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ Ή ΠΡΟΣΧΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΑΝΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ	85
2.20.1. Προσχώσεις στα φράγματα διευθέτησης των κοιτών	85
2.21. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ (ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ)	87
2.21.1 Εξέλιξη των αποθέσεων στις τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες)	87
2.22 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ, ΑΠΕΡΗΜΩΣΗ	89
2.22.1. Ορισμοί	89
2.23. ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ	91
2.24. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ	94

ΑΠΟΡΡΟΗΣ

2.25. ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΓΗΣ	100
2.25.1. Διάβρωση της χέρσου και απόθεση των υλικών	100
2.26. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ, ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.	102
2.26.1. Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά	102
2.27. ΤΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	104
2.28. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	104
2.28.1. ΚΛΙΜΑ	105
2.28.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	106
2.28.3. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	109
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	111
3.1. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	111
3.1.1. ΑΝΑΓΛΥΦΟ	111
3.1.2. ΒΛΑΣΤΗΣΗ	115
3.1.3. ΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΘΕΜΑ	121
3.1.4. ΕΜΒΑΔΑ ΛΕΚΑΝΩΝ	125
3.1.5. ΜΗΚΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΚΟΙΤΗΣ	128
3.1.6. ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΚΟΙΤΗΣ	130
3.1.7. ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ	132
3.1.8. ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	134

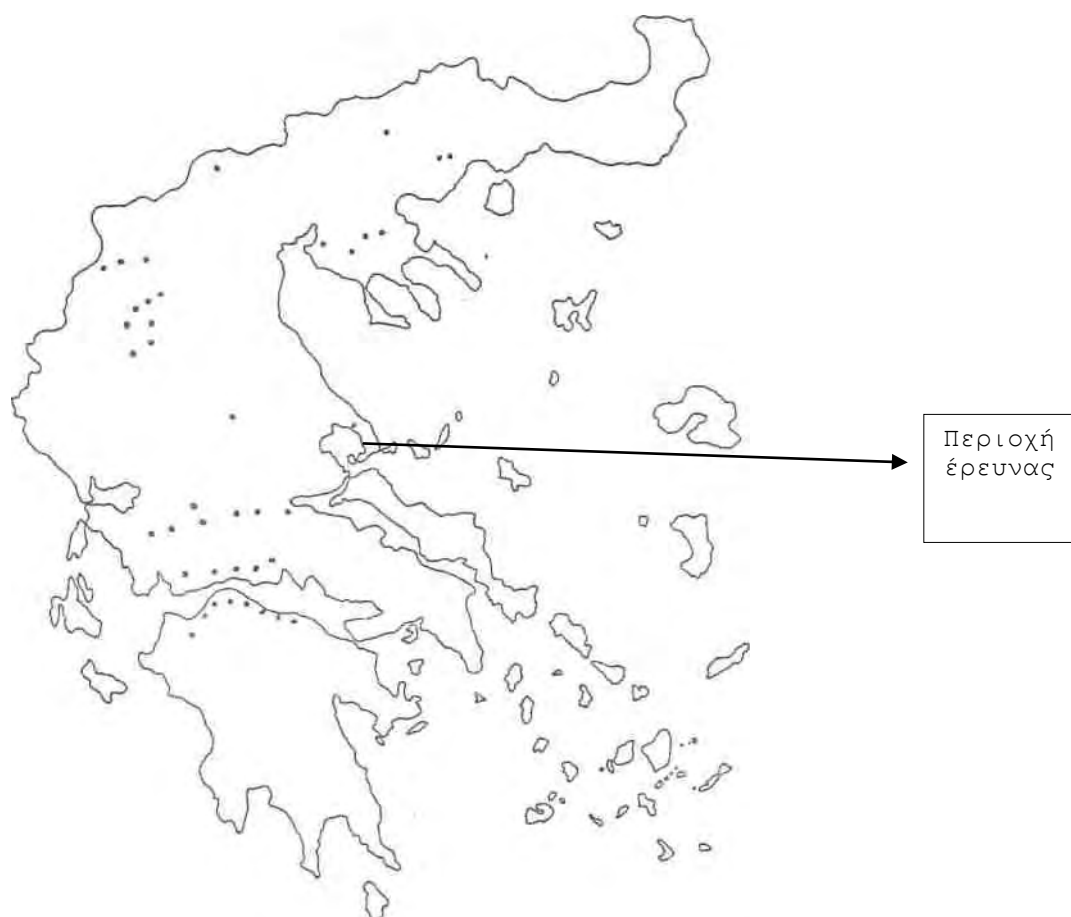
3.1.9. ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ (μέθοδος του Gavrilonič)	136
3.2. Σχέση Gavrilonič και έκταση λεκάνης απορροής	145
3.3. Σχέση Gavrilonič και γεωλογικού υποθέματος.	146
3.4. Σχέση Gavrilonič και μέσου ετήσιου ύψους βροχής.	147
3.5. Σχέση Gavrilonič και υψομετρικής διαφοράς.	147
3.6. Σχέση Gavrilonič και μήκους κεντρικής κοίτης.	148
3.7. Σχέση Gavrilonič και μέση κλίση κεντρικής κοίτης.	148
3.8. Σχέση Gavrilonič και μέση κλίση λεκάνης απορροής.	149
3.9. Σχέση Gavrilonič και περίμετρος λεκάνης απορροής.	150
3.10. Σχέση Gavrilonič και μέσου υψόμετρου λεκάνης απορροής.	150
3.11. Σχέση Gavrilonič και βλάστησης.	151
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	152
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	155
ABSTRACT	158
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	161

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ελλαδικός ηπειρωτικός χώρος διαρρέετε από 1000 και πλέον χειμαρρικά ρεύματα. Παρόλα αυτά σε ολόκληρη τη χώρα, εντοπίζονται μερικές δεκάδες μόνο χείμαρροι που δημιουργούν αυτοτελείς και ανεξάρτητους αποθετικούς σχηματισμούς , ανεπηρέαστους από ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Από αυτούς δε, μόνον τα 2/3 περίπου έχουν πλήρη ανάπτυξη και εξέλιξη χωρίς ορογραφικούς ή άλλους περιορισμούς τοπικού χαρακτήρα.

Έχει διαπιστωθεί λοιπόν ότι η τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας (πολλά βουνά λίγες όμως πεδιάδες) αλλά και οι διευθετήσεις των χειμάρρων που έχουν γίνει στις πεδινές περιοχές, καθώς και το γεγονός ότι σε πολλούς από τους αποθετικούς σχηματισμούς υπάρχουν καλλιέργειες ή και ολόκληροι οικισμοί, οδηγεί σε μια δυσκολία εξεύρεσης επαρκούς αριθμητικά δείγματος. Καταβλήθηκε προσπάθεια. ώστε το συνολικό δείγμα των χειμαρρικών ρευμάτων που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα, να είναι αντιπροσωπευτικό.

Το δείγμα αφορά 34 χειμαρρικά ρεύματα και άλλες τόσες λεκάνες απορροής με διαφορετικό γεωλογικό υπόθεμα και βλάστηση στην περιοχή του Πηλίου.



Εικόνα. 1 Θέσεις λεκανών απορροής που έχουν ερευνηθεί σε προηγούμενη εργασία στην Ελλάδα, και η δική μας περιοχή.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τη βοήθεια επιτελικών χαρτών και λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια που περιγράφηκαν, επιλέχτηκαν τα χειμαρρικά ρεύματα για τη διεξαγωγή της έρευνας.

Η έρευνα που έγινε περιλάμβανε τα εξής δύο σκέλη: Το πρώτο σκέλος αφορούσε τις εργασίες πεδίου και περιλάμβανε μια σειρά από επιτόπιους προσδιορισμούς διαφόρων μεγεθών των αποθέσεων όπως την κλίση, το μήκος, το πλάτος (σε περιπτώσεις αποθέσεων με εκφρασμένο σχήμα), τη

μέγιστη διάμετρο των υλικών απόθεσης, το περίγραμμα των αποθέσεων, τομές των αποθέσεων καθώς και περιγραφή της σημερινής κατάστασης π.χ. (υφιστάμενοι οικισμοί επ'αυτών, τεχνικά έργα, καλλιέργειες κλπ.). Επίσης λήφθηκαν και μια σειρά από φωτογραφίες που σε κάθε ρεύμα απεικονίζουν και τη γενική όψη των αποθέσεων τους αλλά και λεπτομέρειες αυτών.

Το δεύτερο σκέλος, που αφορούσε τις εργασίες γραφείου, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια:

- α) Γεωλογικών χαρτών, κλίμακας 1 : 50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε.
- β) Τοπογραφικών χαρτών, κλίμακας 1 : 50.000 και 1 : 100.000 της Γ.Υ.Σ.
- γ) Μελετών διευθετήσεως χειμάρρων της Δ/ση Αναδασώσεως και Χειμάρρων του Υπουργείου Γεωργίας,
- δ) Μετεωρολογικών στοιχείων που παραχωρήθηκαν από την Ε.Μ.Υ. ή και άλλες αρμόδιες υπηρεσίες.
- ε) Επεξεργασία των στοιχείων με το στατιστικό πρόγραμμα spss.

2.1. ΤΑ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Από τα κατακρημνίσματα, που πέφτουν στην επιφάνεια της χέρσου, ό,τι δεν διεισδύει στο εσωτερικό της και δεν εξατμίζεται προς την ατμόσφαιρα, ρέει ακολουθώντας την οδό της μέγιστης κλίσης και των μικρότερων εμποδίων.

Με τη συγκέντρωση των υδάτων της επιφανειακής απορροής δημιουργούνται αρχικά υδάτινα νάματα, τα οποία συνενώνονται και σχηματίζουν υδατοφλέβες. Με την ίδια διαδικασία σχηματίζονται στη συνέχεια ρυάκια, ρυάκες και, τέλος, μεγαλύτερα υδάτινα ρεύματα.

Η υδρολογία διακρίνει τα υδάτινα ρεύματα σε μεγάλους ποταμούς, όπως ο Αμαζόνιος, ο Βόλγας, ο Μισισιπής, ο Δούναβης, ο Κόγκο, κλπ., σε ποταμούς, όπως ο Ροδανός, ο Σηκουάνας, ο άνω Ρήνος, ο Αξιός, ο Έβρος, ο Αλιάκμονας κλπ., σε χειμαρροπόταμους, όπως ο Αλφειός, ο Αχέροντας, ο Σπερχειός, ο Πολύανθος (Κομσάτος) κλπ., και τέλος, σε χείμαρρους, όπως ο Ξηρόλακκας Βελβενδού, ο Γλαύκος Πάτρας, ο Μπουκλουτζάς Κομοτηνής, ο Μοναστηρακίου (Τσαί) Δράμας, ο Δενδροπόταμος Θεσ/νίκης, η Όρμα και ο Πορρόι Αριδαίας, ο Χριστός Σερρών, κλπ. Μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών εμφανίζονται συχνά ενδιάμεσες καταστάσεις και παραλλαγές.

Συγκρίνοντας τις δύο σπουδαιότερες υδρολογικές κατηγορίες ρευμάτων, δηλαδή τους ποταμούς και τους χείμαρρους οι χειμαρροπόταμοι μπορούν να θεωρηθούν ως ενδιάμεσο στάδιο και συνοψίζοντας τις διαφορές και ομοιότητες που υπάρχουν μεταξύ τους, προκύπτουν τα εξής:

Οι ποταμοί ρέουν κατά κανόνα σε ευρείες κοιλάδες, έχουν μεγάλη λεκάνη απορροής (μεγαλύτερη από 1.500 - 2.000 Km²), πλατιά κοίτη, μεγάλη παροχή, με σχετικά σταθερή δίατα, μικρή κλίση πυθμένα και δημιουργούν

παρατεταμένες πλημμύρες. Στη λεκάνη τους κυριαρχούν τα τμήματα με ημιπεδινή, λοφώδη και ημιορεινή διαμόρφωση.

Οι χείμαρροι ρέουν σε πολύ μικρές κοιλάδες και σε χαράδρες, έχουν μικρή λεκάνη απορροής (έκταση ορεινής λεκάνης έως 300 Km² περίπου) και κλίση σχετικά έντονη, στενή κοίτη με σημαντική κλίση πυθμένα, μικρή σχετικά υδατοπαροχή, ανώμαλη δίαιτα και δημιουργούν αιφνίδιες και σύντομες πλημμύρες. Στις λεκάνες τους κυριαρχούν τα τμήματα με ημιορεινή, ορεινή και πολύ ορεινή διαμόρφωση.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις της υδατοπαροχής που χαρακτηρίζουν τους χείμαρρους, σε αντίθεση με τους ποταμούς, διαπιστώνονται από το λόγο των μέσων υδάτων (Q_m) προς τα πλημμυρικά ύδατα (Q_{max}). Το επόμενο πινάκιο παρέχει ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας διαφοράς στη διακύμανση της υδατοπαροχής για μεσευρωπαϊκές συνθήκες

Ρεύμα	Είδος	Έκταση λεκάνης (Km ²)	Σχέση Q_{max}/Q_m
Thur	ποταμός	160,6	24
Erlentobel	χείμαρρος	1,7	220

Στη χώρα μας μεγάλη διακύμανση της υδατοπαροχής (ανώμαλη δίαιτα) εμφανίζουν εκτός από τους χείμαρρους και οι χειμαρροπόταμοι ακόμη και οι ποταμοί.

Τόσο οι ποταμοί, όσο και οι χείμαρροι μπορούν να μεταφέρουν στερεά υλικά (φερτές ύλες). Οι κοίτες των ποταμών όμως τροφοδοτούνται με υλικά, τα οποία προέρχονται κυρίως από τους χείμαρρους που εκβάλλουν σ' αυτές,

ενώ οι κοίτες των χειμάρρων εμπλουτίζονται με φερτές ύλες, που αποσπώνται από τις γύρω περιοχές, καθώς και από τα πρανή και τον πυθμένα της κοίτης τους. Γι αυτό, τα υλικά των κεντρικών κοιτών των ποταμών είναι κυρίως ετερόχθονα, ενώ των χειμάρρων αυτόχθονα.

Οι χείμαρροι έχουν μια χαρακτηριστική χειμαρρική ιδιότητα, η οποία εκφράζεται ως εξής:

- εμφανίζουν αιφνίδιες, έντονες, μικρής διάρκειας πλημμύρες, ενώ κατά τον λοιπό χρόνο παρουσιάζουν ελάχιστες (ή και καθόλου) παροχές και
- αποσπούν, μεταφέρουν και αποθέτουν φερτές ύλες (ιδίως αδρομερή υλικά) στο χώρο δράσης τους.

Την ιδιότητα αυτή, συνεπώς και τα ζημιογόνα αποτελέσματα της εμφανίζουν ιδιαίτερα οι χείμαρροι των υψηλών ορέων. Γι αυτό, το ενδιαφέρον του ανθρώπου, σ' ό,τι αφορά την αποτροπή της παραγωγής και μεταφοράς υλικών και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, στράφηκε αρχικά προς τους χείμαρρους της κατηγορίας αυτής, η δε επιστήμη της διευθετικής των χειμάρρων αναπτύχθηκε πρώτα στις χώρες του τόξου των Άλπεων (Γαλλία, Αυστρία, Ελβετία, Β. Ιταλία), όπου κυριαρχούν οι χείμαρροι των υψηλών ορέων. Από τα ορεινά ρεύματα της παραπάνω κατηγορίας προήλθε επίσης και ο ακόλουθος μεσευρωπαϊκός ορισμός: χείμαρροι είναι μικρά, ορεινά, υδάτινα ρεύματα με ισχυρή κλίση της κοίτης, αιφνίδια, μεγάλη υδαταπορροή και έντονη στερεομεταφορά. Όμως ένας τέτοιος ορισμός, παρόλο που κυριαρχεί στη βιβλιογραφία, δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικός γενικά και ιδίως για τις μεσογειακές χώρες, στις οποίες ανήκει η Ελλάδα, διότι:

- δεν περιλαμβάνει τους χειμαρροπόταμους και τους μικρούς ποταμούς, που εμφανίζουν έντονη μεταφορά υλικών (έστω και από ετερόχθονα υλικά) και προκαλούν ανάλογα προβλήματα με εκείνα των χειμάρρων
- δεν διακρίνει τους χείμαρρους εκείνους που εμφανίζουν μαζική μεταφορά υλικών (χέραδοι), η οποία υπόκειται σε άλλη νομοτέλεια
- δεν περιλαμβάνει τους χείμαρρους των λοφωδών και ημιορεινών περιοχών με ήπια σχετικά χειμαρρικήτητα, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μικρή κλίση της κοίτης, μεταφορά λεπτόκοκκων φερτών υλικών (κυρίως αιωροϋλικών) και περιορισμένη έως ασήμαντη στερεομεταφορά και προκαλούν πλημμυρικές καταστροφές και
- δεν παίρνει υπόψη, ότι ζημιογόνα δεν είναι μόνο η αιφνίδια περίσσεια, αλλά και η έλλειψη νερού, η οποία χαρακτηρίζει ιδιαίτερα τα ρεύματα του μεσογειακού χώρου. Στη βιβλιογραφία γίνεται επίσης αντιδιαστολή μεταξύ της παραπάνω έννοιας του χειμάρρου (Wilbacg, torrent) και εκείνης του ρύακα (Giess-bach, ruisseau). Ως ρύακας δε ορίζεται κάθε χείμαρρος, ο οποίος δεν παρουσιάζει το χαρακτηριστικό της παράσυρσης, μεταφοράς και απόθεσης φερτών υλών (ιδίως αδρομερών) ή το εμφανίζει σε εντελώς περιορισμένη έκταση (αιωρομεταφορά), ασήμαντη από πρακτική άποψη. Θεωρείται λοιπόν, ότι ο ρύακας έχει υδατοπαροχή "καθαρή", γιαυτό και προβάλλεται ως το πρότυπο του επιθυμητού (διευθετημένου) ρεύματος. Επομένως, ως σκοπός κάθε διευθέτησης θεωρείται η μετατροπή των καταστρεπτικών χειμάρρων σε αζήμιους ρύακες.

Ενώ όμως σύμφωνα με την άποψη αυτή πρέπει οι ρύακες να θεωρούνται χειμαρρικά ρεύματα χωρίς χειμαρρικό χαρακτήρα, εντούτοις αυτοί δεν παύουν να δημιουργούν συχνά σοβαρά προβλήματα πλημμυρογόνου απορροής ή λειψυδρίας και έτσι να γίνονται βλαπτικοί. Συνεπώς, ο ρύακας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως το ιδανικό ρεύμα, στο οποίο πρέπει να αποσκοπεί κάθε διευθέτηση, ιδίως στις χώρες της Μεσογείου.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν, δίνονται στη συνέχεια οι ακόλουθοι ορισμοί:

Χειμαρρικά ή χειμαρρώδη καλούνται τα φυσικά ρεύματα (ορεινοί ποταμοί, χειμαρροπόταμοι, χείμαρροι) με έκταση λεκάνης απορροής έως $1.500 - 2.000 \text{ Km}^2$, τα οποία εμφανίζουν έντονη χειμαρρικότητα, κυρίως λόγω ανθρωπογενών επιδράσεων και άλλων διαταραχών στο φυσικό περιβάλλον του χώρου δράσης τους, η οποία εκφράζεται με την μεταφορά σημαντικής ποσότητας φερτών υλών (ιδίως μεγάλη στερεομεταφορά και λαβαμεταφορά) και με την ανώμαλη δίαιτα του νερού.

Ως μικρά χειμαρρικά ή μικρά χειμαρρώδη ρεύματα χαρακτηρίζονται τα φυσικά ρεύματα με έκταση ορεινής λεκάνης απορροής έως 300 Km^2 περίπου, τα οποία αποτελούν τους συμβάλλοντες των χειμαρροποτάμων και ποταμών ή εμφανίζονται και ως αυτοτελείς μονάδες του υδρογραφικού δικτύου, παρουσιάζουν ιδιαίτερα ανώμαλη δίαιτα νερού και αποσπούν από τα ορεινά, μεταφέρουν και αποθέτουν στα πεδινά σχετικά άφθονες φερτές ύλες κατά κανόνα λόγω διαταραχής του φυσικού περιβάλλοντος από ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Τα μικρά χειμαρρικά ρεύματα διακρίνονται, ως εξής:

- **χείμαρροι:** είναι μικρά χειμαρρικά ρεύματα με έντονη ανώμαλη

δίαιτα νερού και παραπυθμένα μεταφορά αδρομερών φερτών υλών (κυρίως στερεομεταφορά), η οποία κυριαρχεί ως προς τις υπόλοιπες ιδιότητες τους, γιαυτό και καθορίζει τη συμπεριφορά τους. Δημιουργούνται κυρίως στις ορεινές και πολύ ορεινές περιοχές, καθώς και σε χαμηλές, ημιορεινές περιοχές, με ευπαθές γεωλογικό υπόθεμα και χαρακτηρίζονται συνήθως από έντονα διαταραγμένο φυσικό περιβάλλον

- **χέραδοι ή χείμαρροι λάβας ή λαβαχείμαρροι:** είναι χείμαρροι των ορεινών περιοχών με έντονη κατά μάζες μεταφορά (λαβαμεταφορά) πολύ αδρομερών υλικών και ανώμαλη δίαιτα νερού
- **ρύακες;** είναι μικρά χειμαρρικά ρεύματα με περιορισμένη μεταφορά λεπτόκοκκων υλών (κυρίως αιωρομεταφορά) και ανώμαλη δίαιτα νερού. Εμφανίζονται συνήθως στις λοφώδεις περιοχές με ανθεκτικό γεωλογικό υπόθεμα και σχετικά καλή φυτοκάλυψη (δάσος).

Συνεπώς οι χείμαρροι, οι χέραδοι και οι ρύακες αποτελούν χαρακτηριστικές, φυσικές κατηγορίες των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς την ένταση, το είδος και τον τρόπο μεταφοράς των φερτών υλών, ενώ εμφανίζουν κοινό τα χαρακτηριστικό γνώρισμα της ανώμαλης δίαιτας του νερού.

Από τα παραπάνω προκύπτει, ότι το επίθετο **χειμαρρικός**, όπου χρησιμοποιείται (π.χ. χειμαρρικές ιδιότητες, χειμαρρικός χαρακτήρας, χειμαρρικά φαινόμενα κ.λ.π.), παρόλο που προέρχεται από τη λέξη "χείμαρρος" δεν αποδίδει μόνο τα γνωρίσματα της κατηγορίας των χειμάρρων, όπως αυτά παρέχονται στο σχετικό ορισμό, αλλά εκφράζει το σύνολο των βλαπτικών ιδιοτήτων για όλες τις κατηγορίες χειμαρρικών ρευμάτων που αναφέρθηκαν.

Στη συνέχεια περιγράφεται η ροή του νερού και η διακίνηση φερτών υλικών στο χώρο δράσης των χειμαρρικών ρευμάτων με ιδιαίτερη αναφορά στα χειμαρρικά ρεύματα.

2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

2.2.1. Η διάρθρωση των χειμαρρικών ρευμάτων γενικά

Κάθε χειμαρρικό ρεύμα διαθέτει ένα *χώρο χειμαρρικής δράσης ή χειμαρρικά χώρο*, στον οποίο εξελίσσονται τα φαινόμενα της υδαταπορροής και της διακίνησης (παραγωγής, μεταφοράς, απόθεσης) φερτών υλών. Αυτός αρχίζει από τα πιο απομακρυσμένα τμήματα των γήινων εξάρσεων που περιβάλλουν το χώρο, τα οποία τροφοδοτούν με νερά την κεντρική κοίτη του ρεύματος και περατώνεται στη θέση εκβολής του στο μεγαλύτερο φυσικό αποδέκτη (ποταμό, λίμνη, θάλασσα) ή ακόμη και στο αποχετευτικό δίκτυο μιας πόλης (Εικόνα 2.).

Η επιφάνεια της χέρσου που τροφοδοτεί ένα χειμαρρικό ρεύμα με νερά και φερτά υλικά, αποτελεί την *λεκάνη απορροής ή συλλεκτήρια ή υδρολογική λεκάνη* του. Η περίμετρος της καθορίζεται από τη γραμμή του *υδροκρίτη* που την περιβάλλει, κατά τα γνωστά από την υδρολογία.

Η λεκάνη απορροής ενός ρεύματος από το υψηλότερο σημείου του χειμαρρικού χώρου μέχρι την εκβολή του στον τελικό αποδέκτη (ποταμό, λίμνη, θάλασσα) χαρακτηρίζεται ως *συνολική*. Κάθε συνολική λεκάνη απορροής διακρίνεται σε δύο τμήματα, ως εξής:

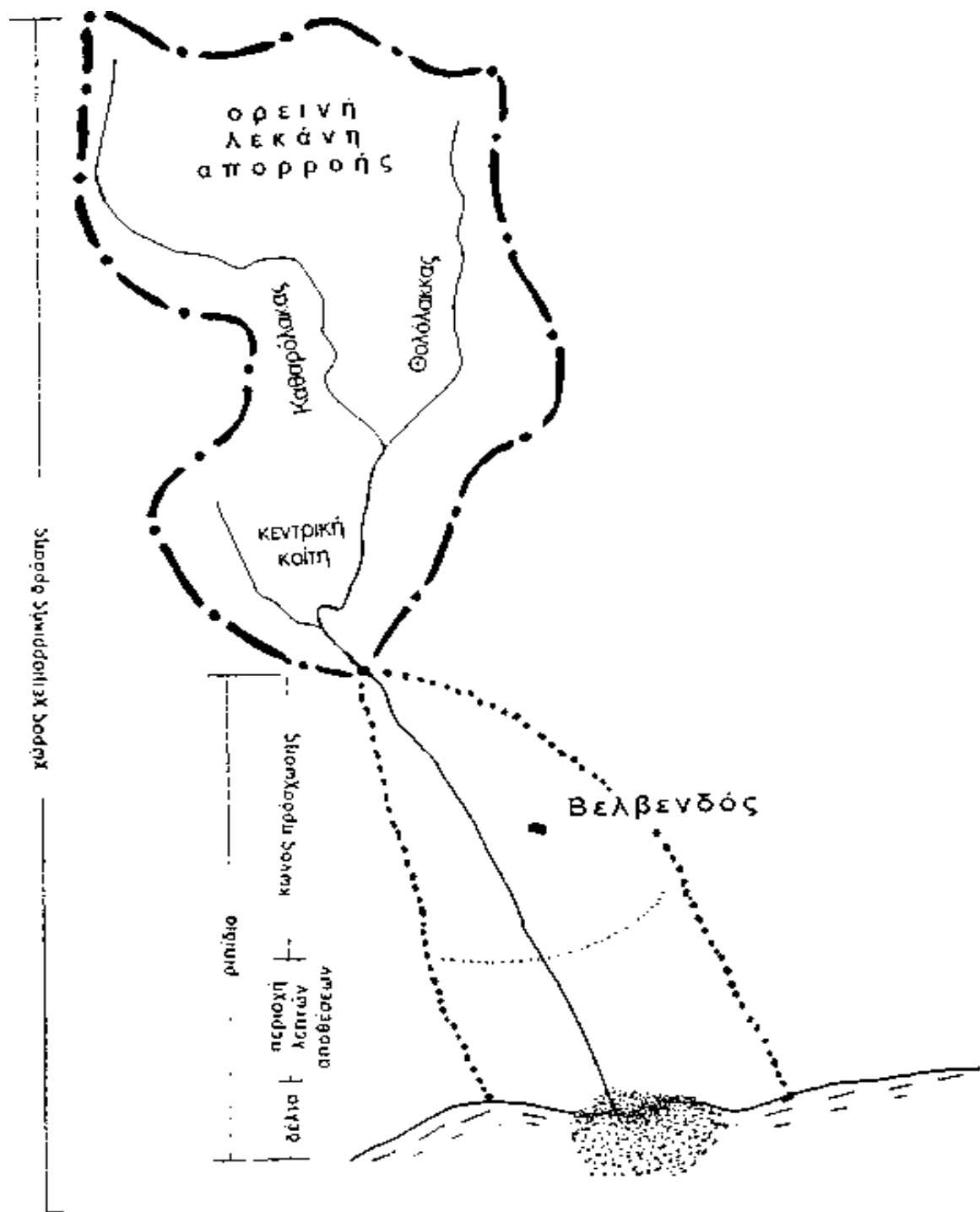
- την *ορεινή λεκάνη απορροής*, η οποία περιλαμβάνει την ορεινή

περιοχή του χειμαρρικού χώρου και

- την **πεδινή λεκάνη απορροής**, η οποία εκτείνεται από την έξοδο του ρεύματος στη πεδινή περιοχή μέχρι την εκβολή του στον αποδέκτη.

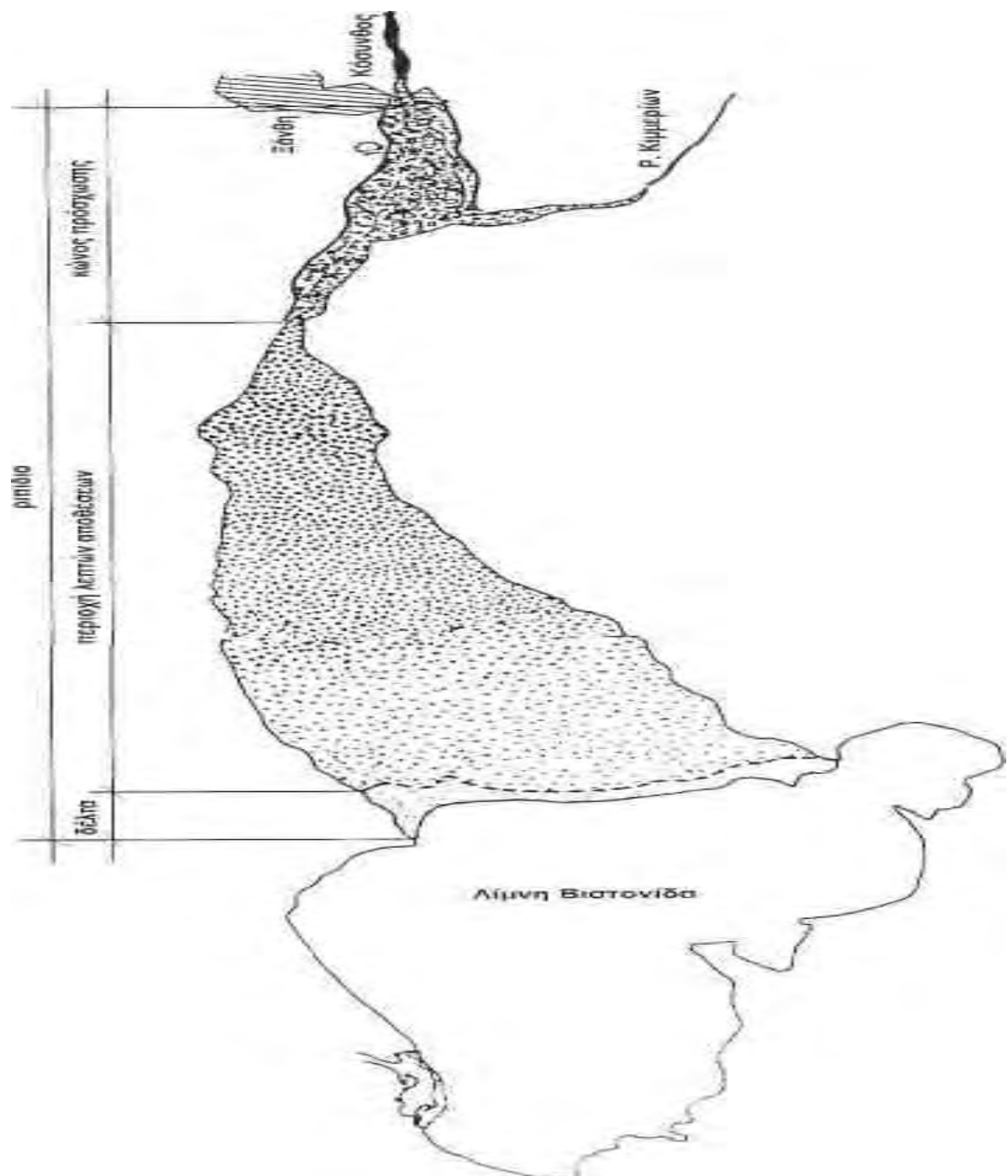
Η πεδινή έκταση, την οποία επηρεάζει το χειμαρρικό ρεύμα με την δράση του και ιδίως με την απόθεση φερτών υλικών, αποτελεί το *ριπίδιο*. Επομένως, τα ριπίδια διαμορφώνουν το πεδινό τμήμα του χειμαρρικού χώρου. Επειδή δε η επιφάνεια των ριπιδίων είναι συνήθως κυρτή λόγω της απόθεσης φερτών υλών, η έκταση τους μπορεί να είναι μεγαλύτερη εκείνης του πεδινής λεκάνης απορροής του ρεύματος.

Τα μικρά ριπίδια με έντονο (απότομο) ανάγλυφο και αδρομερή υλικά απόθεσης, καθώς και οι εκφρασμένες εξάρσεις με χονδρόκοκκη συγκρότηση υλικών στην κορυφή εκτεταμένων ριπιδίων χαρακτηρίζονται ως **κώνοι πρόσχωσης ή απόθεσης**. Οι κώνοι πρόσχωσης σχηματίζονται από την απόθεση αδρομερών φερτών υλών λόγω στερεομεταφοράς ή λαβαμεταφοράς. Αντίθετα, τα ριπίδια με ήπια εξωτερική διαμόρφωση, καθώς και τα τμήματα των ριπιδίων με επιπεδόμορφη όψη στα κατάντη των κώνων πρόσχωσης σχηματίζονται από την απόθεση λεπτόκοκκων υλικών κυρίως λόγω αιωρομεταφοράς. Ως όριο δε για τη διάκριση των ριπιδίων από τους κώνους πρόσχωσης ή απόθεσης θεωρείται συχνά -εκτός από την μορφολογία της έκτασης- και η κλίση των 8% στην επιφάνεια του σχηματισμού



Τεχνητή Λίμνη Πολύφυτου

Εικόνα 2: Διάρθρωση χειμαρρικού ρεύματος: ορεινή λεκάνη απορροής και πεδινή περιοχή (ριπίδιο) του χειμάρρου Βελβενδού (Κοζάνη)



Εικόνα 3: Ριπίδιο του χειμάρρου Κόσυνθου (Ξάνθη) πριν το 1950

2.3 ΦΕΡΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΑΙ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα όμβρια ύδατα, κατά την απορροή τους αποσπούν από τις συλλεκτήριες λεκάνες και τις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων στερεά υλικά φερτές ύλες), τα μεταφέρουν προς τις χαμηλότερες περιοχές και τα αποθέτουν στα πεδινά και ημιπεδινά τμήματα τους ή τα εκχύουν στους μεγαλύτερους αποδέκτες τους (ποταμούς, λίμνες, θάλασσες). Στις φερτές ύλες περιλαμβάνονται ενίοτε και κορμοί, κορμοτεμάχια, πρέμνα και κλάδοι δένδρων.

Σε ρεύματα, που διαρρέουν πόλεις και οικισμούς, παρατηρείται κατά τα τελευταία χρόνια και ανθρωπογενής εμπλουτισμός των κοιτών τους με ετερόχθονα φερτά υλικά, που προέρχονται από κάθε είδους απορρίμματα, από επιχωματώσεις των κοιτών, από προϊόντα λατομείων, από υλικά κατασκευαζόμενων τεχνικών έργων κλπ., ακόμη και από λύματα αποχετεύσεων.

Η διακίνηση φερτών υλών στο χώρο των χειμαρρικών ρευμάτων, αποτελεί βασική χειμαρρική ιδιότητα. Αυτή διακρίνεται σε τρία στάδια, Ως εξής :

- στην παραγωγή των υλικών με τη δημιουργία χειμαρρικών φαινομένων στις ορεινές λεκάνες απορροής
- στη μεταφορά των υλικών διαμέσου του υδρογραφικού δικτύου των ρευμάτων και
- στην απόθεση των υλικών στα χαμηλά τμήματα του χειμαρρικού χώρου.

2.3.1. Τα χειμαρρικά φαινόμενα παραγωγής φερτών υλών στις ορεινές λεκάνες απορροής

Όπως αναφέρθηκε, η άμεση επίδραση του κλίματος στο γεωλογικό υπόθεμα των χειμαρρικών ρευμάτων σε συνδυασμό και με άλλα, έμμεσα; αίτια έχει ως συνέπεια τη δημιουργία των εξής χειμαρρικών φαινομένων· παραγωγής φερτών υλών:

- διαβρώσεις
- αποσαθρώσεις
- γεωκαταρεύσεις, (γεωλισθήσεις και γεωκατακριμνήσεις).

Στα χειμαρρικά φαινόμενα συμπεριλαμβάνονται επίσης και οι διάφορες ανθρωπογενείς δράσεις, που συσσωρεύουν σημαντικές ποσότητες αυτοχθόνων και ετεροχθόνων φερτών υλών στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων.

Οι επιφάνειες, που προκύπτουν στον χειμαρρικό χώρο από την απόσπαση των υλικών λόγω των παραπάνω χειμαρρικών φαινομένων, αποτελούν τις επιφάνειες ή εστίες παραγωγής φερτών υλών. Αυτές χαρακτηρίζονται από το όνομα του χειμαρρικού φαινομένου, το οποίο τις προκαλεί. Έτσι έχουμε διαβρωσιγενείς, αποσαθρωσιγενείς, ολισθησιγενείς, ρηξιγενείς καθώς και ανθρωπογενείς επιφάνειες.

2.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΜΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

2.4.1. Ορισμοί, ειδική διάβρωση

Η διάβρωση ως φυσικό φαινόμενο έχει δύο έννοιες, μια στενή και μια ευρεία. Υπό την στενή έννοια η διάβρωση αποτελεί ένα είδος χειμαρρικό. φαινομένου που παράγει φερτά υλικά: Υπό την ευρεία έννοια η διάβρωση αποτελεί την διαδικασία παραγωγής, απαγωγής και μεταφορά όλων των φερτών υλικών που παράγονται σε ορεινή λεκάνη λόγω της δράσης διαφόρων χειμαρρικών φαινομένων (διαβρώσεων, αποσαθρώσεων, γεωκαταρρεύσεων). Με βάση τις παραπάνω διευκρινίσεις δίνεται ο εξής ορισμός.

Διάβρωση υπό την στενή έννοια, (δηλ. μόνο από την άποψη του τρόπου παραγωγής υλικών), ή ειδική διάβρωση είναι η απόσπαση και μετακίνηση τεμαχιδίων του στερεού φλοιού της Γης λόγω της κρουστικής, διαλυτικής καταθρυπτικής και συρτικής ενέργειας των όμβριων υδάτων. Υπό την έννοια αυτή η διάβρωση εμφανίζεται στις ορεινές λεκάνες απορροής και στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων αυτοτελώς ή σε συνδυασμό και με άλλα χειμαρρικά φαινόμενα, όπως π.χ. με γεωλισθήσεις, γεωκατακριμνήσεις, κλπ., κα. δημιουργεί τις διαβρωσιγενείς εστίες παραγωγής υλικών. Η ειδική διάβρωση αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες διαδικασίες παραγωγής φερτών υλικών στις ορεινές λεκάνες απορροής.

Η έννοια της ειδικής διάβρωσης αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά την διευθέτηση των χειμαρρικών, ιδίως σ' ό,τι αφορά στην ανάπτυξη των κατάλληλων συστημάτων και έργων προς αποτροπή των διαφόρων μορφών

της. Αντίθετα, η έννοια της γενικής διάβρωσης, η οποία συνδέεται στενά και με εκείνη της υποβάθμισης των ορεινών λεκανών, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ερμηνεία της μορφογένεσης των χειμαρρικών ρευμάτων.

Η διάβρωση διακρίνεται σε επίγεια, η οποία εξελίσσεται στην επιφάνεια του εδάφους, σε ενδόγεια, η οποία αναπτύσσεται μέσα στο έδαφος κατά την κίνηση του διηθούμενου νερού προς τα βαθύτερα στρώματα και σε υπόγεια, η οποία εκδηλώνεται σε μεγάλο βάθος εδάφους και οφείλεται στα υπόγεια υδάτινα ρεύματα. Τις διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων ενδιαφέρει μόνον η επίγεια διάβρωση.

Στη συνέχεια πραγματεύεται η επίγεια διάβρωση υπό την στενή έννοια, δηλ. μόνο ως τρόπος παραγωγής φερτών υλών, η οποία διακρίνεται σε επιφανειακή, αυλακωτή, χαραδρωτική, φαραγγωτή, πρηνική, υποσκαπτική γεωφραγματική και αναποδοιστική.

2.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

2.5.1 Κατακρημνίσματα και ειδική διάβρωση

Οι σταγόνες της βροχής που προσκρούουν στην επιφάνεια του εδάφους, συμπιέζουν τα εδαφικά συστατικά με την κινητική ενέργεια που διαθέτουν και οδηγούν στο σχηματισμό μιας κολλώδους μάζας (κρούστας).

Με την πρόσκρουση των βροχοσταγόνων επί του εδάφους εκτινάσσονται μικρά εδαφοτεμάχια προς όλες τις κατευθύνσεις περί το σημείο πρόσκρουσης. Ταυτόχρονα κατακερματίζονται τα μεγάλα συσσωρεύματα του εδάφους σε μικρά τεμαχίδια.

Η μορφή των βροχοσταγόνων και η ένταση της βροχόπτωσης αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την απόσπαση εδαφοτεμαχιδίων από την εδαφική μάζα.

2.5.2. Γεωλογικό υπόθεμα και ειδική διάβρωση

Το γεωλογικό υπόθεμα, επί του οποίου αναπτύσσονται οι λεκάνες απορροής, αποτελείται από συμπαγής σχηματισμούς (πετρώματα) και από λυτούς σχηματισμούς (εδάφη).

Η **διαβρωσιμότητα** του γεωυποθέματος δηλ. ο βαθμός ευπάθειας στη διάβρωση, εξαρτάται από τις ιδιότητες του όπως είναι το είδος, η υφή, η δομή των συστατικών, το πορώδες, η υδατοδιαπερατότητα, η στρώση του, καθώς και η συγκρότηση των κολλοειδών συστατικών των εδαφών. Ιδιαίτερα ευπαθή σε διαβρώσεις είναι τα νεογενή πετρώματα (μάργες, ψαμμόλιθοι, κροκαλοπαγή, κλπ.). Τα κρυσταλλοπυριγενή και τα μεταμορφωμένα πετρώματα θεωρούνται ως ανθεκτικά. Γενικά, οι λυτοί σχηματισμοί (εδάφη) είναι πολύ πιο ευδιάβρωτοι ως προς τους συμπαγείς σχηματισμούς.

Τα εδάφη των τροπικών περιοχών θεωρούνται, ότι έχουν μικρότερη διαβρωσιμότητα σε σχέση με εκείνα των υπολοίπων περιοχών, λόγω του μεγαλύτερου βαθμού αποσάθρωσης τους. Η ύπαρξη σ' αυτά μη πλαστικών καολινιτικών ορυκτών της αργίλου και ελεύθερων οξειδίων του σιδήρου οδηγεί στο σχηματισμό μεγαλύτερων συσσωρευμάτων πιο ανθεκτικών στη διάβρωση ως προς εκείνα των μοντοριναλιτικών, πλαστικών, ορυκτών της αργίλου που εμφανίζονται στα εδάφη των λοιπών περιοχών.

Τα ελληνικά εδάφη, ιδίως τα γεωργικά καλλιεργούμενα, θεωρούνται γενικά

ως ευπαθή στη διάβρωση, για τους εξής λόγους:

- περιέχουν μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας με αποτέλεσμα να μην ευνοείται ο σχηματισμός ανθεκτικών εδαφικών συσσωματωμάτων και να μην βελτιώνονται οι φυσικές ιδιότητες των εδαφών (υδατοπερατότητα, υδατοχωρητικότητα)
- τα γεωλογικά υλικά που περιέχουν, είναι συνήθως ψαθυρά
- χρησιμοποιούνται βαρέα μηχανήματα για την καλλιέργεια τους
- εφαρμόζεται κατά κανόνα η μονοκαλλιέργεια τους
- η κάλυψη του εδάφους είναι γενικά ανεπαρκής
- γίνεται περιορισμένη χρήση κοπριάς και άλλων οργανικών λιπασμάτων (χλωρή λίπανση, χρήση φυτικών υπολειμμάτων, αξιοποίηση αστικών λυμάτων κλπ.).

Ανάγλυφο και ειδική διάβρωση

Η διαβρωτική επίδραση του ανάγλυφου καθορίζεται από το μήκος και την κλίση των κλιτύων. Εκδηλώνεται δε με σαφήνεια κυρίως στις μικρότερες λεκάνες απορροής των ρευμάτων. Στις μεγάλες λεκάνες απορροής κυριαρχεί η διαβρωτική επίδραση του κλίματος.

Ως όριο για την έναρξη της διαβρωτικής επίδρασης του ανάγλυφου θεωρείται η κλίση των 2% περίπου. Είναι δε γνωστό, ότι η γεωργική εκμετάλλευση των κλιτύων με κλίση άνω των 10% δεν είναι δυνατή χωρίς τη βαθμίδωση της επιφάνειάς τους.

Βλάστηση και ειδική διάβρωση

Η ύπαρξη και η διατήρηση ενός σύμπυκνου, φυσικού φυτοκαλύμματος, ιδίως του δάσους, του οποίου το είδος βέβαια εξαρτάται πάντοτε από τις κλιματικές

συνθήκες της κάθε περιοχής, προστατεύει το γεωυπόθεμα από τη διάβρωση και το στερεώνει με το ριζικό σύστημα των φυτών. Π.χ. μια λεκάνη απορροής που καλύπτεται πλήρως από πυκνή βλάστηση (δάσος) και μια γυμνή λεκάνη (π.χ. μετάπυρκαϊά) παρουσιάζουν απώλειες εδάφους λόγω διάβρωσης, η σχέση των οποίων κυμαίνεται, σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, από 1:100 έως 1:1000.

Οι πυρκαγιές της δασικής βλάστησης διευκολύνουν σημαντικά τη διάβρωση των εδαφών. Π.χ. εδάφη με κλίση 15-24% υφίστανται επί οκτώ μήνες μετά την πυρκαϊά διάβρωση 10-13 m³ ανά εκτάριο, εδάφη δε με κλίση 40% υφίστανται διάβρωση 300 m³ ανά εκτάριο. Οι απώλειες του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία λόγω της διάβρωσης μετά από κάθε πυρκαϊά δασικής βλάστησης ανέρχονται, ως εξής:

Θρεπτικά στοιχεία	Απώλειες	λόγω	διάβρωσης
Άζωτο:	56.874	t/έτος	
P205:	4.352	“	
K20 :	155.149	“	
CaO :	155.000	“	
MgO :	17.346	“	

Τα γεωργικά καλλιεργούμενα φυτά παρουσιάζουν γενικά μικρή αντιδιαβρωτική επίδραση, ως προς το δάσος. Επειδή δε κατά τη μη βλαστητική περίοδο, στην οποία επικεντρώνονται οι βροχοπτώσεις ιδίως στη χώρα μας, οι αγροί παραμένουν γυμνοί, η προστατευτική επίδραση των γεωργικά καλλιεργούμενων φυτών γίνεται ακόμη πιο περιορισμένη. Εκτός αυτού η χρήση βαρέων γεωργικών μηχανημάτων επιτείνει τη διάβρωση,

επειδή προκαλεί στα εδάφη μετασχηματισμούς και συμπυκνώσεις.

2.6. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Η ΠΑΡΑΠΥΘΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ Ή ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ

2.6.1 Η μεταφορά φερτών υλών γενικά

δυνάμεις συνοχής και μεταφορά φερτών υλών

Τα στερεά υλικά, τα οποία παράγονται στις ορεινές λεκάνες απορροής λόγω φυσικών ή ανθρωπογενών αιτίων, παρασύρονται από τα ρέοντα ύδατα και μεταφέρονται διαμέσου των κοιτών των χειμαρρικών ρευμάτων προς τα κατάντη. Η κίνηση αυτή ονομάζεται μεταφορά φερτών υλών.

Ο τρόπος, με τον οποίο γίνεται η μεταφορά των φερτών υλικών, επηρεάζεται σοβαρά:

από τις δυνάμεις συνοχής των υλικών σε κατάσταση απόθεσης και από τη θρόμβωση τους, όταν αιωρούνται.

Ανάλογα με το εάν τα φερτά υλικά αναπτύσσουν δυνάμεις συνοχής μεταξύ των τεμαχιδίων τους διακρίνονται σε συνεκτικά και μη. Συνεκτικά υλικά είναι κυρίως η άργιλος και τα αργιλικά μίγματα. Στα μη συνεκτικά υλικά συγκαταλέγονται η άμμος, οι χάλικες κλπ.

Η απαγωγή (διάβρωση) και μετακίνηση των μη συνεκτικών υλικών από τα ρέοντα ύδατα εξαρτάται από το μέγεθος, τη μορφή, το βάρος, τη θέση τους στο χώρο κλπ., η δε απαγωγή των συνεκτικών υλικών εξαρτάται, εκτός από τα παραπάνω μεγέθη, και από τις δυνάμεις συνοχής. Οι ίδιες δυνάμεις προκαλούν επίσης και το φαινόμενο της θρόμβωσης, όταν τα υλικά κινούνται

με αιώρηση προς τα κατάντη.

Οι κινητοί πυθμένες των χειμαρρικών ρευμάτων αποτελούνται κατά κανόνα από μη συνεκτικά υλικά, ιδίως στην χώρα μας. Γι' αυτό στη συνέχεια θα αναπτυχθεί μόνο η μεταφορά των φερτών υλών **χωρίς συνοχή**.

2.6.2 Τρόποι μεταφοράς φερτών υλών, ορισμοί

Ανάλογα με τον τρόπο που μετακινούνται τα φερτά υλικά στο εσωτερικό της ρέουσας, υδάτινης μάζας, η μεταφορά τους διακρίνεται:

σε **ατομική** μεταφορά, κατά την οποία τα υλικά κινούνται με τρόπο ανεξάρτητο μεταξύ τους και

σε **κατά μάζες** ή **μαζική** μεταφορά, κατά την οποία τα υλικά κινούνται ομαδικά, ως πολτώδης μάζα. Η ατομική μεταφορά αποτελεί τη συνήθη περίπτωση μεταφοράς υλών στα χειμαρρικά ρεύματα. Η μαζική μεταφορά είναι φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται μόνο στους χείμαρρους λάβας (χέραδους). Συχνά δε η μαζική μεταφορά διασπάται κατά την πορεία της και η όλη κίνηση μετατρέπεται σε ατομική ή μερική μεταφορά.

Ανάλογα με τον τρόπο που μετακινούνται τα υλικά μέσα στα ρέοντα ύδατα, η ατομική μεταφορά υποδιακρίνεται:

στην **παραπυθμένα** μεταφορά ή στερεομεταφορά, κατά την οποία τα υλικά κινούνται επί ή παρά τον πυθμένα των κοιτών και

στην **αιωρούμενη** μεταφορά ή **αιωρομεταφορά**, κατά την οποία τα υλικά μεταφέρονται με αιώρηση μέσα στο νερό. Μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών μεταφοράς, οι οποίες γίνονται ταυτόχρονα, δεν υφίστανται σαφή όρια διαχωρισμού. Συνήθως, μεσολαβεί μια μεταβατική ζώνη, στην οποία τα

φερτά υλικά μεταφέρονται και με τους δύο τρόπους.

Εκτός από τις δύο αυτές κατηγορίες θα πρέπει να αναφερθεί και μια τρίτη, η μεταφορά υλών με διάλυση. Πρόκειται όμως για μεταφορά σχετικά αμελητέας ποσότητας υλικών, χωρίς ιδιαίτερη πρακτική σημασία κατά τις διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων. Για το λόγο αυτό παραλείπεται.

Στους ποταμούς (ιδίως στους μεγάλους) η μεταφορά των φερτών υλών γίνεται κυρίως με αιώρηση, στα χειμαρρικά ρεύματα επικρατεί κυρίως η στερεομεταφορά, στους δε χέραδους εμφανίζεται κυρίως η λαβαμεταφορά. Επομένως, τα χειμαρρικά ρεύματα εμφανίζουν κατά τη μεταφορά των φερτών υλών τους και τους τρεις παραπάνω τρόπους, δηλ. την παραπυθμένα, την αιωρούμενη και την κατά μάζες μεταφορά.

Ανάλογα με τον τρόπο που κινείται το μίγμα νερό - φερτές ύλες στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων η **ροή του μίγματος** διακρίνεται, ως εξής:

- κανονική ροή: το μίγμα περιέχει φερτές ύλες σε ποσοστό $< 20 \%$ ως προς το ρέον ύδωρ και συμπεριφέρεται ως νευτωνικό υγρό. Η μεταφορά των υλικών είναι συνεχής και γίνεται ως στερεομεταφορά και ως αιωρομεταφορά
- ενδιάμεση ή δεβριτική ροή (debris flow): το μίγμα περιέχει φερτές ύλες σε ποσοστό ως προς το νερό 25 - 60%, συμπεριφέρεται δε με τρόπο ενδιάμεσο μεταξύ νευτωνικού και πλαστικού υγρού. Η πυκνότητα του είναι αυξημένη ($< 1,3 - 1,4 \text{ gr/m}^3$), η δε κίνηση των υλικών είναι συνεχής, γίνεται υπό μορφή έντονης στερεομεταφοράς, η οποία κυριαρχεί, καθώς και αιωρομεταφοράς και χαρακτηρίζεται από μεταφορά λίθων
- **λασποροή ή χεραδική ροή** (mud flow): το μίγμα περιέχει

φερτές ύλες

σε ποσοστό ως προς το νερό >60 - 80% συμπεριφέρεται ως πλαστικό σώμα. Η πυκνότητα του είναι μεγάλη (κατά κανόνα $> 1,3 - 1,4 \text{ gr/m}^3$, και συχνά και $2,3 \text{ gr/m}^3$), η δε κίνηση του γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και με τρόπο ασυνεχή μεν (κατά κύματα) αλλά μαζικό και χαρακτηρίζεται από μεταφορά μεγάλων ογκολίθων (συχνά $>26\text{t}$).

Η δεβριτική ροή με υψηλή περιεκτικότητα σε φερτές ύλες και η λασπορροή αποτελούν την χεραδική ροή, η οποία εκφράζει την μαζική μεταφορά των των υλικών.

Στα χειμαρρικά ρεύματα η ροή μπορεί να γίνεται και με τους τρεις παραπάνω τρόπους.

Για την εκτίμηση της ποσότητας των μεταφερόμενων υλικών, από τα χειμαρρικά ύδατα χρησιμοποιούνται οι έννοιες της παροχής και του φορτίου.

Με βάση αυτές η στερεομεταφορά εκφράζεται, ως εξής:

- **στερεοπαροχή:** είναι η ποσότητα υλικών, που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου από ορισμένη διατομή της κοίτης (m^3/s). Παρέχει την ένταση της στερεομεταφοράς για συγκεκριμένες συνθήκες ροής. Όταν δίνεται σε m^3/s , m Γη, δηλ. ανά τρέχον μέτρο πλάτους πυθμένα, χαρακτηρίζεται ως ειδική στερεοπαροχή
- **στερεοφορτίο ή στερεοποσότητα:** είναι η ποσότητα φερτών υλών, η οποία διέρχεται από συγκεκριμένη διατομή της κοίτης κατά ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (μήνας, εξάμηνο, έτος κλπ.). Δίνεται σε m^3 . Μπορεί όμως να εκφράζεται και σε m^3/Km^2 , μετά από αναγωγή της

ποσότητας των στερεών υλικών στην μονάδα της ορεινής λεκάνης απορροής που τα παρήγαγε, οπότε τότε χαρακτηρίζεται ως **ειδική στερεοποσότητα**. Αποτελεί δείκτη της υποβάθμισης της λεκάνης.

Συνεπώς, το μέγεθος της στερεοποσότητας κάθε ρεύματος διαμορφώνεται από την επανειλημμένη λειτουργία της διαδικασίας της στερεοπαροχής κατά τις διάφορες πλημμυρικές απορροές του μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση της **αιωρομεταφοράς**, έχουμε κατ' αναλογία προς την στερεομεταφορά την **αιωροπαροχή**, την **ειδική αιωροπαροχή**, το **αιωροφορτίο** ή την **αιωροποσότητα** και την **ειδική αιωροποσότητα**.

Στην περίπτωση της **συνολικής ατομικής μεταφοράς** έχουμε αντίστοιχα την **στερεοαιωροπαροχή** ή **συνολική παροχή** φερτών υλών, την **ειδική στερεοαιωροπαροχή** ή **ειδική συνολική παροχή**, το **στερεοαιωροφορτίο** γ **συνολικό φορτίο** και την **στερεοαιωροποσότητα** ή **συνολική ποσότητα** και τέλος, την **ειδική στερεοαιωροποσότητα** ή **ειδική συνολική ποσότητα**.

Στην περίπτωση της **μαζικής μεταφοράς**, δηλ. εκείνης των χέραδων ή χειμάρρων λάβας, είναι δύσκολο να αναφερθεί κανείς σε χεραδοπαροχή με την παραπάνω έννοια. Αυτό επειδή οι συνθήκες ροής, (επομένως και γ μεταφορά των υλών) είναι γενικά ακανόνιστες και μεταβάλλονται ταχύτατα. Γι' αυτό χρησιμοποιείται κατά κανόνα μόνον η έννοια του **χεραδοφορτίου** ή **λαβαφορτίου** και της **χεραδο(λαβα)ποσότητας**. Πρέπει να διευκρινιστεί, ότι στην χώρα μας ως φορτίο κοίτης εννοείται συχνά η στερεοπαροχή υλικών (παραπυθμένα κίνηση) και ως φορτία υπό αιώρηση η αιωροπαροχή.

Η αιωρομεταφορά και η μαζική μεταφορά φερτών υλών ακολουθούν πάντοτε

τη ίδια νομοτέλεια, σ' όποιο ρεύμα και αν εμφανίζονται. Αντίθετο η στερεομεταφορά διαφοροποιείται από άποψη νομοτέλειας στις ορεινές κοίτες με ισχυρή κλίση, χονδρά φερτά υλικά και ταχεία ροή σε σχέση με εκείνη στις πεδινές κοίτες. Για το λόγο αυτό η πραγμάτευση της στερεομεταφοράς που ακολουθεί, γίνεται χωριστά για τις κοίτες με **ποτάμιο** και για εκείνες με **ορεινό** χαρακτήρα.

2.7. ΠΑΡΑΠΥΘΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΠΕΔΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ

2.7.1. Οι κοίτες με πεδινό (ποτάμιο) χαρακτήρα ή πεδινές κοίτες

Ως κοίτες με πεδινό ή ποτάμιο χαρακτήρα ή πεδινές κοίτες εννοούνται εκείνες που έχουν τα εξής γνωρίσματα:

- μεγάλο πλάτος κοίτης σε σχέση με το βάθος ροής του νερού
- μικρή κλίση πυθμένα (συνήθως $j < 1\%$)
- σημαντικό βάθος ροής
- μικρή ταχύτητα ροής
- σημαντική ειδική υδατοπαροχή ($m^3/s, m$) και
- μικρής διαμέτρου φερτά υλικά.

Οι παραπάνω ήπιες συνθήκες ροής κυριαρχούν κατά κανόνα στις κοίτες των

ποταμών καθώς και στις κύριες κοίτες των μεγαλύτερων χειμαρρικών ρευμάτων. Επίσης, μπορούν να εμφανίζονται και στις πεδινές κοίτες των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων με λοφώδεις ή και ημιορεινές λεκάνες απορροής.

Στη συνέχεια περιγράφεται η στερεομεταφορά σε πεδινές (ποτάμιες) κοίτες.

2.7.2. Κίνηση μεμονωμένου στερεού υλικού σε κινητό πυθμένα πεδινής κοίτης

Δρώσες δυνάμεις και μορφές κίνησης των φερτών υλικών σε κινητό πυθμένα πεδινής κοίτης

Για να τεθεί σε κίνηση ένα στερεό υλικό του κινητού πυθμένα ρεύματος, πρέπει η συνισταμένη των δυνάμεων, που ασκούνται σ' αυτό, να υπερνικήσει τις αντιστάσεις του. Οι ασκούμενες δυνάμεις είναι:

- η **παρασυρτική ή συρτική δύναμη ή σύρση** του νερού, η οποία ενεργεί προς την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος
- η **άνωση**, που δέχεται το υλικό λόγω του εμβαπτισμού του στο νερό, δηλ. η συνισταμένη των ασκουμένων πιέσεων στην άνω και κάτω πλευρά του, η οποία δρα κάθετα προς τη ροή του ρεύματος και
- οι **αντιστάσεις** του υλικού, οι οποίες εξαρτώνται από το **βάρος** του μέσα στο νερό, από τις **δυνάμεις επαφής** που δημιουργούνται λόγω της συνύπαρξης του με τα άλλα, γειτονικά υλικά, καθώς και από την έκθεση του στη ροή, δηλαδή από τη σχετική θέση του ως προς τα γειτονικά σώματα.

Το παραπάνω απλό εκ πρώτης όψεως σύνολο δυνάμεων (ωθήσεις, αντιστάσεις), διαμορφώνεται στη συνέχεια σε μια πολύπλοκη συνάρτηση, η

οποία εξαρτάται από το χώρο και το χρόνο, από το είδος των φερτών υλών και τις υδραυλικές ιδιότητες των πυθμένων των κοιτών. Τελικά, κάθε φερτό υλικό μπορεί να παρουσιάζει ορισμένες γενικές **κινητικές καταστάσεις** κατά τη μεταφορά του στον πυθμένα της κοίτης, ως εξής:

Εάν η ροπή της σύρσης και της άνωσης ως προς το στιγμιαίο κέντρο βάρους του σώματος καταστεί μεγαλύτερη εκείνης του βάρους του μέσα στο νερό, καθώς και των λοιπών δυνάμεων αντίστασης ως προς το αυτό σημείο, αρχίζει η **κύλιση** του σώματος. Αυτή διαρκεί, μέχρις ότου το σύμπλοκο των παραπάνω δυνάμεων αποκτήσει τέτοιες τιμές, ώστε να επιβάλλεται τελικά η επάνοδος του σώματος σε κατάσταση ηρεμίας.

Εάν η δύναμη της άνωσης καταστεί για οποιοδήποτε λόγο μεγαλύτερη από το βάρος του σώματος, αρχίζει η **ανύψωση** του σώματος, ενώ η συρτική δύναμη του νερού το ωθεί ταυτόχρονα προς τα κατόντη. Με την ανύψωση όμως μεταβάλλονται οι ασκούμενες πιέσεις στις επιφάνειες του. Εάν λοιπόν συμβεί, η άνωση να καταστεί μικρότερη του βάρους του, αρχίζει η πτώση του σώματος προς την επιφάνεια της κοίτης, ενώ ταυτόχρονα η συρτική δύναμη του νερού εξακολουθεί να το ωθεί προς τα κατόντη.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω κατακόρυφων και οριζοντίων κινήσεων δίνει τελικά στο σώμα μια κίνηση σύνθετης μορφής προς την κατεύθυνση ροής του νερού, η οποία μπορεί να διακριθεί στις εξής **μορφές κίνησής** του :

- κύλιση
- ολίσθηση ή σύρση
- πήδηση
- αιώρηση.

Τα κινούμενα στερεά υλικά ασκούν σημαντική επίδραση στην κατανομή της ταχύτητας του νερού που ρέει στις κοίτες των φυσικών ρευμάτων.

2.8. ΣΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΠΥΘΜΕΝΕΣ ΠΕΔΙΝΩΝ ΚΟΙΤΩΝ

Η συμπεριφορά των κινουμένων πυθμένων σε πεδινές κοίτες, ακόμη και στην περίπτωση πλήρως ομοιόμορφων και χρονικά αμετάβλητων συνθηκών ροής, δεν είναι ομοιόμορφη. Η κίνηση του πυθμένα περιορίζεται στο επιφανειακό στρώμα του και έχει κυματοειδή μορφή, η οποία οφείλεται στον σχηματισμό **σωμάτων μεταφοράς** των φερτών υλών. Τα σώματα αυτά μετακινούνται αργά προς την κατεύθυνση ροής του νερού μετασχηματίζοντας έτσι συνεχώς τη μορφή του πυθμένα. Ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο της κίνησης τους τα παραπάνω σώματα διακρίνονται σε:

- Ραβδώσεις
- θίνες
- αντιθίνες
- συσσωρεύματα.

Το είδος του σώματος μεταφοράς, το οποίο σχηματίζεται κάθε φορά, εξαρτάται από την ταχύτητα ροής του νερού και από τις συνθήκες του πυθμένα. Σε υποκρίσιμη ροή ($Fr < 1$) κυριαρχούν οι θίνες, ενώ σε υπερκρίσιμη ($Fr > 1$) οι αντιθίνες. Με την προϋπόθεση της προοδευτικής αύξησης της ταχύτητας ροής του νερού σε μία κοίτη, τα σώματα μεταφοράς εμφανίζονται

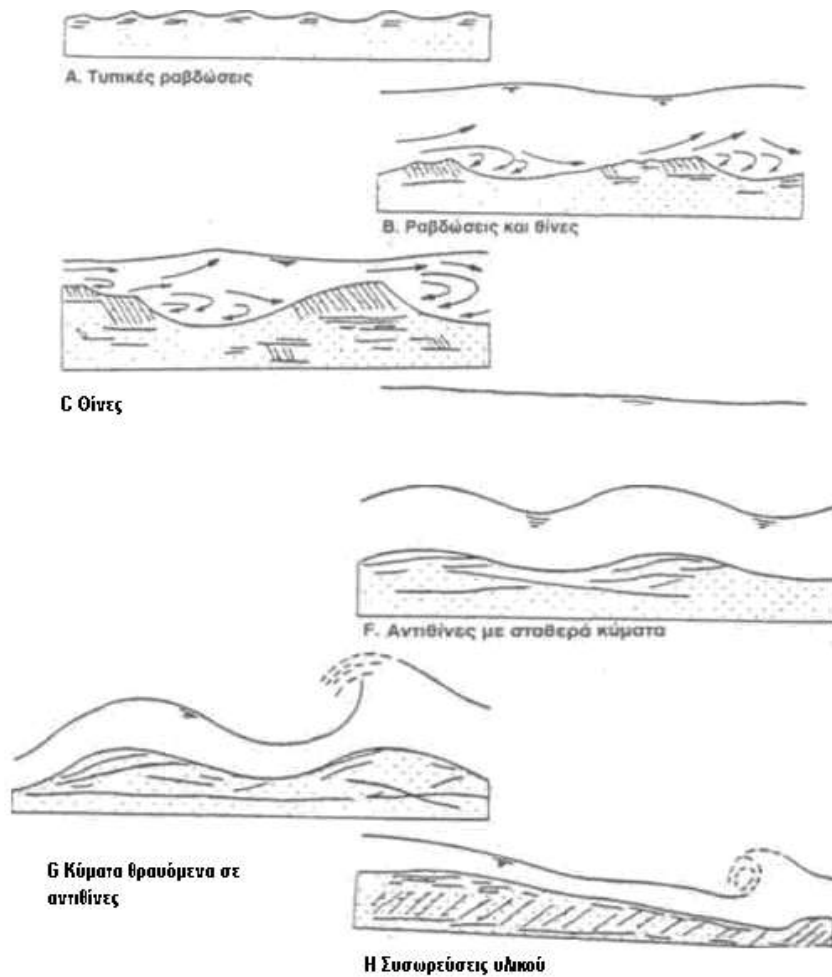
κατά την εξής σειρά (Εικόνα. 4, Εικόνα. 5):

Έως μια ορισμένη, οριακή ταχύτητα ροής του ύδατος, δεν μετακινείται κανένα υλικό. Ο πυθμένας παραμένει επίπεδος.

Μόλις η ταχύτητα υπερβεί την τιμή αυτή, αρχίζει η κύλιση μεμονωμένων λίθων. Προοδευτικά δε τίθεται σε κίνηση ολόκληρη η επιφάνεια του πυθμένα, η οποία όμως εξακολουθεί να διατηρείται επίπεδη.

Οι πρώτες **ραβδώσεις** (Εικόνα. 4) παρουσιάζονται μόλις η ταχύτητα ροής του νερού αποκτήσει νέα, αυξημένη τιμή. Αυτές διατάσσονται κάθετα προς τη πορεία ροής του ρεύματος. Δεν είναι όμως πάντοτε ευθύγραμμης μορφής.

Νέα αύξηση της ταχύτητας οδηγεί στον μετασχηματισμό των μικρού μήκους ραβδώσεων σε μεγαλύτερες μορφές, τις **θίνες**. Ο τρόπος της κίνησης των θινών δίνεται στην Εικόνα. 5. Μεγάλες ογκώδεις θίνες σε φυσικά ρεύματα αποτελούν τα **συσσωρεύματα**.



Εικόνα 4: Διαδοχή των σωμάτων μεταφοράς φερτών υλών σε πυθμένα πεδινής κοίτης κατά Simsons και Richardson



Εικόνα 5: Τρόπος κίνησης των θινών και των αντιθινών

Περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας συνεπάγεται την εξαφάνιση των θινών. Ο πυθμένας της κοίτης παίρνει έτσι ξανά την μορφή ενιαίου στρώματος, η δε στερεομεταφορά εντατικοποιείται πολύ. Το στάδιο αυτό αποτελεί μετάβαση από το προηγούμενο προς το επόμενο στάδιο μεταφοράς. Τέλος, όταν η

ταχύτητα ροής υπερβεί μια ορισμένη τιμή, εμφανίζονται εκ νέου θίνες μεγάλων όμως διαστάσεων, οι οποίες δημιουργούν την απατηλή εντύπωση, ότι κινούνται αντίθετα προς την κατεύθυνση ροής του νερού και γι αυτό καλούνται αντιθίνες. Η εικόνα 5 δείχνει τον τρόπο της κίνησης των αντιθινών. Στις πεδινές κοίτες των φυσικών ρευμάτων τα παραπάνω σώματα μεταφοράς έχουν τρισδιάστατη μορφή. Γενικά, οι θίνες εμφανίζονται σε κοίτες ρευμάτων με λεπτόκοκκο υλικό και έχουν ύψος συνήθως 20 - 30 cm. Σε ρεύματα όμως με χονδρόκοκκο υλικό (χείμαρροι, χειμαρροπτόταμοι), εμφανίζονται συνήθως ογκώδη, περιπλανώμενα συσσωρεύματα σε εναλλασσόμενη σειρά μεταξύ των δύο όχθων. Π.χ. τα συσσωρεύματα από χολικές του άνω Ρήνου ανάντη της λίμνης της Κωνσταντίας (Bodensee) απέχουν μεταξύ τους 600 - 700 m κατά μέσο όρο και κινούνται με μέση ταχύτητα 158 m/έτος.

2.9. ΠΑΡΑΠΥΘΟΜΕΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΣΕ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ

2.9.1. Οι κοίτες με ορεινό χαρακτήρα ή ορεινές κοίτες

Ως κοίτες με ορεινό χαρακτήρα ή ορεινές κοίτες εννοούνται εκείνες, που χαρακτηρίζονται από έντονες συνθήκες ροής με τα εξής γνωρίσματα:

- μέτριο έως μικρό πλάτος κοίτης σε σχέση με το βάθος ροής
- ισχυρή κλίση πυθμένα
- περιορισμένο βάθος ροής του νερού
- μεγάλη ταχύτητα ροής
- περιορισμένη έως μικρή ειδική υδατοπαροχή και
- ογκώδη στερεά υλικά.

Οι ορεινές κοίτες, σχηματίζονται στους χώρους δράσης των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων, καθώς και στα ανώτερα τμήματα των λεκανών απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών.

Είναι γνωστό, ότι τα μικρά χειμαρρικά ρεύματα και ιδίως οι χείμαρροι των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες ογκωδών υλικών προς τα κατόντη, ιδίως κατά τη διάρκεια ισχυρών πλημμυρικών παροχών. Αποδεικνύεται όμως, ότι οι ποσότητες αυτές καθώς και οι διαστάσεις των λίθων τους είναι συχνά δυσανάλογα μεγάλες σε σχέση με εκείνες που παρέχει ο υπολογισμός τους με βάση τις γνώσεις για τις πεδινές (ποτάμιες) κοίτες. Π.χ. ο Bergtaler (1975) αναφέρει τα εξής: ο χείμαρρος Weissenbach (Αυστρία) μετέφερε λίθο 20 m³ σε απόσταση

περίπου εκατό μέτρων προς τα κατάντη, τον οποίο και απόθεσε σε θέση της κοίτης του με κλίση 5%

λίθος γνωστός ως "λίθος του διαβόλου" με όγκο 70 m³ μεταφέρθηκε από τον ίδιο χείμαρρο σε διαδρομή 1 Km της κοίτης του με κλίση μόνο 8%

ο χείμαρρος Muhlbach με λεκάνη απορροής 7,9 Km² μετέφερε (διαδρομή > 200 m) τεμάχιο από καταστραφείσα γέφυρα όγκου 20 m³, παρ' όλο που η κλίση της κοίτης του εκεί κυμαίνονταν μόνο μεταξύ 5% και 2%. Ανάλογα παραδείγματα υπάρχουν πάρα πολλά για χείμαρρους τόσο του εξωτερικού, όσο και της χώρας μας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνουν τόσο πειραματικά δεδομένα, όσο και έρευνες στη φύση. Πχ. το Ινστιτούτο Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου του Gottingen (Mortensen και Hoverman, 1958) κινηματογράφησε υπό το νερό την στερεομεταφορά σε ορεινή κοίτη. Από την ταινία (στοιχεία ταινίας B 737/1957) πιστοποιείται η ύπαρξη στις ορεινές κοίτες πολύ μεγάλων, κινούμενων συσσωρευμάτων μεταφοράς στερεών υλικών, η συγκρότηση των κινητών πυθμένων από ογκώδη φερτά υλικά, η ισχυρή διακύμανση της στερεομεταφοράς, καθώς και η μεγάλη ένταση της. Όλα αυτά συνηγορούν στο ότι οι γνώσεις μας για την στερεομεταφορά σε ποτάμιας κοίτες, δεν μπορούν να αποδώσουν την έκταση και την ένταση της στερεομεταφοράς σε ορεινές κοίτες.

Από τους ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη στερεομεταφορά στις κοίτες χείμαρρων, γνωστότεροι είναι οι γάλλοι Demozey (1878), Thiery (1914), Bernard (1926), οι γερμανοί Kirwald (1964), Bunza (1975) και Mangelsdorf (1976), οι Ελβετοί Landolt (1886), Lichtenhahn (1978) και Zeller (1965,1982), οι ιταλοί Valentini (1930), Horatiis (1930), di Tella και Bay

(1939), Benini (1976), Fatorelli (1976) και οι αυστριακοί Wang (1901), Hartel και Winter (1934), Strelle (1950), Weber (1964), Aulitzky (1976) και Hampel (1969). Κατά τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη δραστηριότητα δείχνουν και τα ιαπωνικά και νεοζηλανδικά ερευνητικά ιδρύματα. Επίσης, συστηματικές πειραματικές έρευνες με καλές θεωρητικές βάσεις άρχισαν να διεξάγονται μετά το 1980 με πρωτοπόρο πάλι την ελβετική σχολή και ιδίως το Ίδρυμα Υδραυλικών Ερευνών στο Πολυτεχνείο της Ζυρίχης.

Για την στερεομεταφορά σε ορεινές κοίτες υπάρχει σήμερα η παλαιά θεωρία που αναφέρεται στους χείμαρρους των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών, η οποία έχει να επιδείξει μια επιτυχή εφαρμογή στην πράξη επί 80 χρόνια περίπου. Επίσης, υπάρχουν και οι πρόσφατες απόψεις που στηρίζονται σε δεδομένα πειραματικών ερευνών υδραυλικών εργαστηρίων. Στη συνέχεια δίνεται αναλυτική περιγραφή όλων αυτών.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι στα μικρά χειμαρρικά ρεύματα και ιδίως στους μικρούς χείμαρρους η μεταφορά των φερτών υλών γίνεται κυρίως με *στερεομεταφορά*. Η συμμετοχή της αιωρομεταφοράς σ' αυτήν είναι περιορισμένη. Γι αυτό, η σπουδή της στερεομεταφοράς στις ορεινές κοίτες υπό χειμαρρικές συνθήκες αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

2.10. ΠΑΛΑΙΑ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΕ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ

2.10.1 Νόμοι της κίνησης στερεών υλικών στον πυθμένα ορεινών κοιτών των χειμαρρικών ρευμάτων

Μακροχρόνιες παρατηρήσεις σχετικά με τη μεταφορά στερεών υλικών σε κοίτες χειμάρρων των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών έδειξαν, ότι η παράσυρση στερεών υλικών από τις κοίτες συνεπάγεται τη μείωση της ταχύτητας ροής του ύδατος ανάλογα με τη μεταφερόμενη ποσότητα υλικών. Εφόσον η ταχύτητα ροής του εξακολουθεί να είναι μεγαλύτερη από την οριακή (κρίσιμη) ταχύτητα παράσυρσης των υλικών και μάλιστα των ογκωδέστερων, το ρεύμα συνεχίζει να μεταφέρει τις φερτές ύλες του προς τα κατάντη. Εάν όμως αυτή γίνει μικρότερη της οριακής ταχύτητας παράσυρσης, επέρχεται απόθεση των επιπλέον μεταφερόμενων υλικών.

Με βάση τα παραπάνω γίνονται δεκτές οι ακόλουθες γενικές αρχές στερεομεταφοράς στις ορεινές κοίτες:

η διάβρωση του κινητού πυθμένα αρχίζει, όταν η συρτική δύναμη του νερού υπερβεί την αντίσταση του

η διαβρωτική δύναμη του νερού είναι μεγίστη για δεδομένη υδατοπαροχή, όταν τα νερά είναι καθαρά, διότι τότε έχουν τη μέγιστη ταχύτητα ροής, ελαττώνεται δε ανάλογα με τη μεταφερόμενη ποσότητα στερεών υλικών

όταν τα ύδατα κορεσθούν από φερτές ύλες, νέα διάβρωση του πυθμένα είναι δυνατή μόνο μετά από ισόπωση απόθεση υλικών. Αυτό προϋποθέτει, ότι τα μεταφερόμενα υλικά και εκείνα του κινητού πυθμένα είναι όμοια σε όγκο και

βάρος. Εάν όμως το πυθμενικό υλικό είναι λεπτοκοκκότερο, τότε παρά τον υφιστάμενο κορεσμό, επέρχεται ανταλλαγή υλικών. Έτσι τα μεταφερόμενα, βαρύτερα υλικά αντικαθίστανται από ελαφρύτερα και λεπτόκοκκα, χωρίς όμως να επέλθει μεταβολή του πυθμένα εάν η συρτική δύναμη του κορεσμένου ύδατος που ρέει, αυξηθεί αιφνίδια για οποιαδήποτε αιτία, επακολουθεί νέα διάβρωση του πυθμένα, έως ότου το νερό επανακορεσθεί. Εάν η δύναμη ελαττωθεί, προκαλείται απόθεση τόσων υλικών, όση είναι η περίσσεια τους μέχρι την νέα κατάσταση κορεσμού του ρεύματος. Και στις δυο περιπτώσεις πάντως, ο πυθμένας μεταβάλλεται (διαβαθύνεται ή επιχώνεται) σε τέτοιο βαθμό, ώστε να ανταποκρίνεται προς τις νέες συνθήκες ισορροπίας εάν η συρτική δύναμη του κορεσμένου ρέοντος ύδατος μείνει σταθερή, ο πυθμένας της κοίτης δεν μεταβάλλεται.

2.11. ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ

Γενικά για τις νεότερες απόψεις

Οι νεότερες απόψεις για τη μεταφορά φερτών υλών σε ορεινές κοίτες και ιδίως στις κοίτες των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων στηρίζονται στα δεδομένα ερευνών, που έχουν γίνει επί ομοιωμάτων σε υδραυλικά εργαστήρια.

Οι εργαστηριακές αυτές έρευνες διεξάγονται με την ίδια μεθοδολογία που ακολουθείται για την έρευνα της μεταφοράς υλικών σε πεδινές κοίτες και με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από αυτή. Γιαυτό, τα συμπεράσματα τους αποτελούν, συχνά προέκταση εκείνων για τη μεταφορά υλικών σε

πεδινές κοίτες.

Όπως διαπιστώνεται, οι νεότερες απόψεις δεν αντικρούουν, αλλά *συμπληρώνουν* τις γνώσεις που παρέχει η παλαιά θεωρία για τη μεταφορά υλικών στις κοίτες των χειμάρρων.

2.12. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΘΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΟΡΕΙΝΕΣ ΚΟΙΤΕΣ

Τα μικρά χειμαρρικά ρεύματα (χείμαρροι, χέραδοι) παρουσιάζουν μια *ιδιαιτερότητα* σ' ό,τι αφορά τον τρόπο παραγωγής και μεταφοράς φερτών υλών και τη διαμόρφωση των πυθμένων τους κατά την ροή των *πλημμυρικών* υδάτων, της οποίας τα γνωρίσματα έχουν ως εξής:

α) Φερτές ύλες και περίοδος επανάληψης των πλημμυρικών παροχών

Κύριο γνώρισμα των χειμαρρικών ρευμάτων είναι η αδρομερής συγκρότηση του κινητού πυθμένα (χονδρά και πολύ χονδρά υλικά), η οποία του προσδίδει σημαντική σταθερότητα. Συχνά τα αδρομερή συστατικά διατάσσονται από τα ρέοντα ύδατα κατά τρόπο, ώστε να δημιουργούνται μικρές βαθμίδες στην επιφάνεια του πυθμένα, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται κατά τη ροή των χαμηλών υδάτων συνεχόμενες, μικρές υδατοπτώσεις (μικρές касκάδες). Όσο πιο στενή είναι η ορεινή κοίτη του ρεύματος τόσο πιο δισδιάστατη γίνεται η διαμόρφωση των βαθμίδων.

Η ύπαρξη αδρομερών συστατικών διαμορφώνει στον πυθμένα των ρευμάτων μια ***ψευδοστατική εμμονή*** (ψευδοϊσορροπία), η οποία δεν διαταράσσεται από τα συνήθη πλημμυρικά ύδατα. Η στερεομεταφορά των

συνήθων υδατοπαροχών μετακινείται υπεράνω του αδρομερούς πυθμένα Το αδρομερές καλυπτήριο στρώμα ενός τέτοιου χειμαρρικού ρεύματος τίθεται σε κίνηση μόνο κατά την διάρκεια *εξαιρετικών απορροών*.

Τα πλημμυρικά ύδατα προκαλούν επίσης και καταρρεύσεις πρανών λόγω υποσκαφής του πόδα τους, με αποτέλεσμα, να γίνεται *μαζική παραγωγή* υλικών, ο όγκος της οποίας υπερβαίνει τη μεταφορική ικανότητα του ρεύματος. Η συσσώρευση των υλικών αυτών στην κοίτη επιφέρει την ανύψωση του πυθμένα και την μείωση της κλίσης του στην περιοχή παραγωγής τους, γεγονός που οδηγεί συχνά σε νέες καταρρεύσεις πρανών και ολισθήσεις κλιτύων λόγω μαιανδρισμού των υδάτων.

Η περαιτέρω μεταφορά των παραγόμενων υλικών (από την κοίτη ή από τα πρανή) εξαρτάται πλέον από την *μεταφορική ικανότητα* που εμφανίζει το ρεύμα σε μια ορισμένη (κρίσιμη) απόσταση κατάντη της περιοχής παραγωγής τους ως εξής: με την πάροδο του χρόνου τα ρέοντα πλημμυρικά ύδατα μετασχηματίζουν αναποδοστικά τον αποτεθέντα όγκο των υλικών ο οποίος αποκτά τη μορφή κύματος. Αυτό προκαλεί μικρή αύξηση της κλίσης του πυθμένα ιδίως στο κατώτερο μέρος της απόθεσης, οπότε αυξάνετε αντίστοιχα και η μεταφορική ικανότητα του ρεύματος. Έτσι η μηκοτομή της κυματομόρφης απόθεσης, αποκτά εκ νέου την αρχική μορφή της. Στο κάτω πέρας δε της μηκοτομής αυτής κύριο ρόλο ασκεί πλέον η αρχιμεταφορική ικανότητα του ρεύματος.

Συνεπώς, για τις μορφολογικές μεταβολές της χειμαρρικής κοίτης καθοριστική επίδραση ασκεί η ***οριακή τιμή της παροχής*** (D_D), κατά την

οποία τίθεται σε κίνηση το καλυπτήριο στρώμα της. Από έρευνες προέκυψε, ότι η παροχή αυτή αντιστοιχεί κατά κανόνα σε περίοδο επανάληψης 50-100 ετών, δηλ. πρόκειται για σχετικά σπάνιο μέγεθος παροχής. Οι πολυπληθείς, συνήθεις παροχές με μικρότερες περιόδους επανάληψης που δεν κινητοποιούν το καλυπτήριο στρώμα, μεταφέρουν τα φερτά υλικά τους επί του ακίνητου καλυπτηρίου στρώματος. Συχνά δε τα μεταφερόμενα λεπτότερα υλικά καλύπτουν ενόλω ή ενμέρει τους χονδρούς λίθους του καλυπτηρίου.

β) Φερτές ύλες και υδρογράφημα της πλημμυρικής παροχής

Κατά το χρόνο της μέγιστης υδατοπαροχής (που παρασύρει το καλυπτήριο στρώμα) τα ρέοντα ύδατα κατακλύζουν όλη την κοίτη, οπότε η πορεία του ρεύματος παρακολουθεί λίγο-πολύ τον άξονα της κοίτης, τα δε υδάτινα νάματα ρέουν σχεδόν παράλληλα με τις υπάρχουσες όχθες και προκαλούν έντονη στερεομεταφορά.

Μετά την πάροδο όμως της αιχμής της παροχής, δηλαδή κατά το χρόνο, που τα ρέοντα ύδατα της Q_{max} αρχίζουν να ελαττώνονται, ενώ η υδατοπαροχή εξακολουθεί ακόμη να είναι πολύ μεγάλη, φερτές ύλες του ρεύματος, κυρίως οι ογκωδέστερες, αποθέτονται στο μέσο της κοίτης λόγω μικρής μείωσης της συρτικής δύναμης του νερού. Η παρουσία τέτοιων εμποδίων στον πυθμένα αναγκάζει τα νερά να ρέουν μαιανδρικά, με αποτέλεσμα να επιτίθενται και να προσβάλλουν τα πρηνή της κοίτης. Έτσι προκαλούνται σοβαρές υποσκαφές και έντονες καταρρεύσεις πρηνών. Τότε, επέρχονται και οι μεγαλύτερες μεταβολές στη κοίτη και η εντονότερη παραγωγή φερτών υλών.

Συνεπώς, το μέγεθος της υδατοπαροχής, που μπορεί να προκαλέσει τη μέγιστη στερεοπαραγωγή κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης πλημμύρας,

εμφανίζεται *δύο φορές* στα χειμαρρικά ρεύματα, ανά μια κατά την άνοδο και κατά την κάθοδο των πλημμυρικών νερών. Επειδή όμως τα νερά που επέρχονται, κατακλύζουν ταχύτατα τις παρόχθιες εστίες παραγωγής υλικών και διαρκούν λιγότερο σε σύγκριση με τα αντίστοιχα που απέρχονται, και επειδή οι αποθέσεις φερτών υλικών στην κοίτη κι, επομένως, οι μαιανδρισμοί του ρεύματος δημιουργούνται μόνο κατά την μείωση των νερών, οι κυρίως μεταβολές της κοίτης, άρα και η έντονη στερεοπαραγωγή παρατηρούνται κυρίως κατά την αποχώρηση των πλημμυρικών νερών.

Εάν συμβεί, η πλημμυρική παροχή να είναι πολύ βραχεία και έντονη, τίθεται συχνά σε κίνηση μόνο μέρος των υλικών της κοίτης.

γ) Φερτές ύλες και μέγεθος της πλημμυρικής απορροής

Κατά τις εξαιρετικές υδατοπαροχές η στερεοπαροχή αποκτά ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Από κλίση δε της κοίτης με τιμή $J > 20\%$ ο πυθμένας των χειμαρρικών ρευμάτων αρχίζει να παρουσιάζει *έρπυση*, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως έναρξη μαζικής μεταφοράς, ο δε μηχανισμός της κίνησης μεταβάλλεται ουσιαστικά.

δ) Φερτές ύλες και φυσικές συνθήκες των κοιτών Οι ιδιαίτερες φυσικές συνθήκες των ορεινών κοιτών επηρεάζουν σημαντικά τη στερεομεταφορά, οι δε έντονες ανωμαλίες και μεταβολές στις διατομές τους προκαλούν ισχυρή διακύμανση στην στερεομεταφορική εξέλιξη, συνεπώς και στη στερεοπαροχή. Τοπικές αποθέσεις υλικών, μεταφερόμενοι κορμοί και πρέμνα, αποφράξεις της ροής, ολισθήσεις και κατακρημνίσεις πρανών μεταβάλλουν συνεχώς την ροή και οδηγούν στο σχηματισμό **στερεομεταφορικών "κυμάτων"**. Συχνά, η κοίτη **"εκκενώνεται" πρόωρα**,

λόγω τέτοιων καταστάσεων, οπότε κατά τη διάρκεια των πλημμυρικών νερών ή κατά το πέρας τους η υδατοπαροχή μεταφέρει λίγες ύλες ή μόνο λεπτόκκοκα υλικά.

2.13. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ: Η ΑΙΩΡΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

2.13.1 Η αιωρομεταφορά

ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΙΩΡΟΜΕΤΑΦΟΡΑ

Ως αιωρούμενη μεταφορά ή αιωρομεταφορά εννοείται η μεταφορά φερτών υλών με αιώρηση εντός του ρέοντος ύδατος.

Η αιωρομεταφορά εμφανίζεται σ' όλα τα χειμαρρικά ρεύματα. Η συμμετοχή της όμως στη συνολική μεταφορά υλικών γίνεται σημαντική κυρίως στα μεγάλα χειμαρρικά ρεύματα, καθώς και στα μικρά χειμαρρικά ρεύματα των λοφωδών και ημιορεινών περιοχών. Αντίθετα, τα μικρά χειμαρρικά ρεύματα των ορεινών, των πολύ ορεινών και των αλπικών περιοχών, εμφανίζουν περιορισμένη έως ασήμαντη αιωρομεταφορά. Σ' αυτά κυριαρχεί η στερεομεταφορά και η μαζική μεταφορά υλικών.

Σημαντική αιωρομεταφορά εμφανίζεται επίσης κατά τις χαμηλές και μέσες απορροές, ιδίως στις πεδινές διαδρομές (κοίτες εκβολής) των χειμαρρικών

ρευμάτων. Σ' αυτό συντελεί και η κατατριβή των υλικών, που μειώνει συνεχώς τις διαστάσεις τους, ώστε να μπορεί ένα μέρος από αυτά να μετακινούνται με αιώρηση.

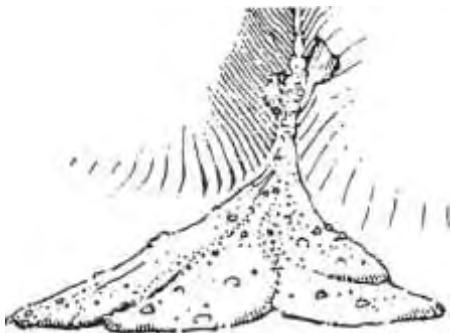
Η αιωρομεταφορά επηρεάζει κυρίως το σχηματισμό του δέλτα των ρευμάτων, καθώς και την εξέλιξη και την πορεία των κοιτών κοντά σ' αυτά.

2.14. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ Η ΜΑΖΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ (ΧΕΡΑΔΟΜΕΤΑΦΟΡΑ) ΚΑΙ Η ΘΟΛΗ (ΠΥΚΝΗ) ΜΕΤΑΦΟΡΑ

2.14.1 Η μαζική μεταφορά φερτών υλών

ΟΡΙΣΜΟΙ, ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Κατά μάζες ή μαζική μεταφορά φερτών υλών δημιουργείται, όταν τα υλικά που παρασύρονται από τα χειμαρρικά ρεύματα μετακινούνται ως χειμαρρολάβας, δηλ. μεταφέρονται με μορφή λάβας, πολτού ή λασπόμαζας. Τα χειμαρρικά ρεύματα που παρουσιάζουν μαζική μεταφορά φερτών υλών καλούνται χέραδοι ή χείμαρροι λάβας ή και λαβαχείμαρροι (Εικόνα. 6). Επομένως, κύριο γνώρισμα της κατά μάζες μεταφοράς είναι οι χειμαρρολάβες.



Εικόνα 6: Μεταφορά φερτών υλών με μορφή λάβας (Bunza, Karl, Mangelsdorf, 1976)

Η μαζική κίνηση των φερτών υλών με μορφή χειμαρρολάβας συνοδεύεται

κατά κανόνα και από τα εξής γνωρίσματα:

- προκαλείται έντονη βοή και δόνηση του εδάφους
- μεταφέρονται μεγάλοι ογκόλιθοι προς τα κατάντη ($100-80 \text{ m}^3$) ή δε κύκλιση μικρών λίθων και των χαλύκων, που βρίσκονται στη βάση των ογκόλιθων διευκολύνει πολύ στη μεταφορά τους. Ο μεγαλύτερος σχιστόλίθος που μεταφέρθηκε από χείμαρρο λάβας είχε διαστάσεις $22 \times 22 \times 22 \text{ m}$, όγκο 10.648 m^3 και βάρος 25.555 t (Aulitzky, 1970)
- εκσφενδονίζονται λίθοι κατά την κίνηση της λαβαμάζας λόγω της αναμόχλευσης και της σύνθλιψης των υλικών.

Για τους λόγους αυτούς θεωρείται, ότι οι χειμαρρολάβες έχουν κάτι το "δαιμονικό"..

Συγκρότηση της χειμαρρολάβας

Η **χειμαρρική λάβα ή χειμαρρολάβα** είναι μίγμα από τεμάχια στερεών υλικών και χειμαρρικά ύδατα σε διάφορες αναλογίες, το οποίο κινείται ταχέως με μορφή ενός ή περισσότερων επεισοδίων (κυμάτων) στην κοίτη χειμαρρικού ρεύματος. Ως **κύμα λάβας ή λαβακυμα** χαρακτηρίζεται κάθε αυτοτελές επεισόδιο χειμαρρικής λάβας.

Η μάζα της χειμαρρολάβας συγκροτείται από τα εξής τρία συστατικά:

- τα πολύ αδρομερή φερτά υλικά (ογκόλιθοι, λίθοι, χάλυκες),
- τα λεπτόκκοκα υλικά και
- το χειμαρρικό νερό

καθένα από τα οποία συμμετέχει στην κίνηση του μίγματος. Και τα τρία συστατικά του μίγματος κινούνται προς τα κατάντη με την *ίδια* ταχύτητα, σε αντίθεση με την στερεομεταφορά, κατά την οποία το νερό ρέει πολύ ταχύτερα ως προς τα υλικά του πυθμένα. Γι αυτό θεωρείται ότι, οι χειμαρρολάβες αποτελούν *ενδιάμεση* κατάσταση μεταξύ της ατομικής κίνησης των φερτών υλών υπό την επίδραση του ρέοντος ύδατος (στερεομεταφορά, αιωρομεταφορά) και της αυτοδύναμης κίνησης των γεωμαζών, δηλ. των γεωκαταρρεύσεων (γεωλισθήσεις, γεωκατακριμνήσεις), όπως δείχνει η εικόνα 7. Πάντως, μεταξύ των κινήσεων δια στερεομεταφοράς και δια χειμαρρολάβας μπορεί να εμφανίζεται και μια ενδιάμεση μορφή κίνησης ιδίως σε κοίτες με σημαντική κλίση, κατά την οποία το παραπυθμένιο στρώμα που τίθεται σε κίνηση, έχει πάχος περισσότερων της μιας διαμέτρων του υπάρχοντος υλικού στον κινητό πυθμένα, η δε μετακίνηση του μοιάζει με χειμαρρολάβα (*μερική χειμαρρολάβα*).

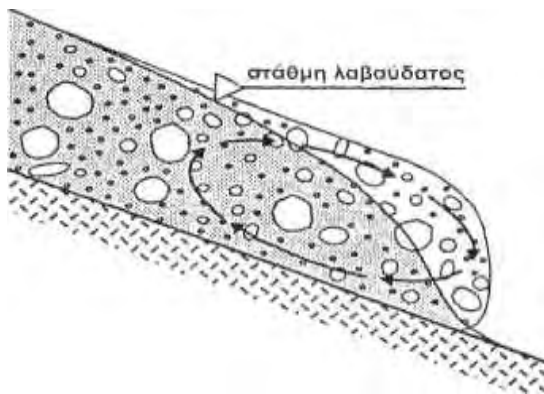
Συνεπώς, στις χειμαρρολάβες *δεν υπάρχουν φερτά υλικά*, αφού τα συστατικά τους κινούνται αυτοδύναμα, όπως και στις γεωκαταρρεύσεις. Τα δε υπάρχοντα ***χεραδικά υλικά*** ή ***υλικά χειμαρρολάβας*** ή ***λαβαϋλικά***, αποτελούν ένα εκ των συστατικών της χειμαρρολάβας και συγκεκριμένα τη *στέρα φάση* του μίγματος της.

Κατά τη διάρκεια της χεραδικής κίνησης, η χειμαρρολάβα σχηματίζει ένα χαρακτηριστικό ***λαβαμέτωπο***, το οποίο καταλήγει στην μορφοποίηση μιας ***λαβακεφαλής***. Στο εσωτερικό του μετώπου το χεραδικό μίγμα (νερό, στερεά υλικά) εμφανίζει μια κυκλοτερή κίνηση των υλικών. Επίσης σχηματίζει μια σαφή στάθμη χεραδικού ύδατος (λαβαύδατος) ανάλογη προς εκείνη των

υπόγειων υδροφορέων (Εικόνα. 8). Για το λόγο αυτό η κεφαλή του μετώπου αποκτά κατά κανόνα "ξηρή" όψη.



Εικόνα 7: Η χειμαρρολάβρα, ως κίνηση μίγματος τριών συστατικών αποτελεί μεταβατική κατάσταση μεταξύ της μεταφοράς φερτών υλικών από τα ρέοντα ύδατα και των γεωκαταρρεύσεων.



Εικόνα 8: Κυκλοτερής κίνηση λαβαυλικών και χεραδική υδροστάθμη στ: εσωτερικό του λαβαμετώπου

Η συμπεριφορά μιας χειμαρρολάβρας εξαρτάται από την περιεκτικότητα της σε λεπτόκοκκα χεραδοϋλικά. Με βάση την αναλογία του χεραδομίγματος σε λεπτόκοκκα υλικά, οι χειμαρρολάβρες διακρίνονται σε:

- χαμηλής περιεκτικότητας ή συσσώρευσης, οι οποίες χαρακτηρίζονται και ως πετρώδεις χειμαρρολάβρες, διότι αποτελούν ογκωδών λίθων μίγμα ύδατος

- υψηλής περιεκτικότητας ή συσσώρευσης, οι οποίες χαρακτηρίζονται και ως ιξώδεις ή πολτώδεις χειμαρρολάβες, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας τους σε πολύ λεπτόκκοκα (αργιλικά) συστατικά και
- ενδιάμεσης περιεκτικότητας, οι οποίες αποτελούν καταστάσεις μεταξύ εκείνων της χαμηλής και της υψηλής περιεκτικότητας.

Στην περίπτωση που η λαβαμάζα παρουσιάζει πλήρη ανάμιξη των υλικών του μίγματος, τα επιμέρους συστατικά της βρίσκονται σε πλήρη επαφή μεταξύ τους, οπότε τα αδρομερέστερα στερεά υλικά κυλούν επί των λεπτότερων υλικών που υπόκεινται αυτών, με αποτέλεσμα να μην ασκεί επίδραση στην κίνηση τους το ίδιο βάρος του μετακινούμενου λιθο(κοκκο)τεμαχίου, όπως συμβαίνει κατά την στερεομεταφορά.

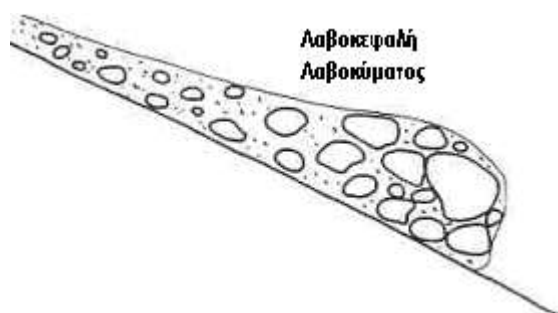
Οι χειμαρρολάβες με μίγμα κυρίως από ογκώδη υλικά και χειμαρρικό νερό που παρουσιάζουν πλήρη ανάμιξη υλικού, εμφανίζουν "πετρώδη" χαρακτήρα. Στην περίπτωση αυτή η αναλογία μίξης αδρομερών στερεών υλικών και χειμαρρικού ύδατος εξαρτάται από το διαθέσιμο ρέον ύδωρ και τους υπάρχοντες προς κίνηση αδρούς λίθους. Εκτιμάται, ότι το ποσοστό των αδρών λίθων αντιστοιχεί περίπου στο 63%, δηλ. είναι κατάτι μικρότερο από τη μέγιστη δυνατή συγκέντρωση (σε όγκο) των λίθων αυτών σε περίπτωση απόθεσης τους.

Στην περίπτωση μίγματος από αδρά υλικά και ύδατα που περιέχουν και λεπτόκκοκα υλικά η χειμαρρολάβη μπορεί να διατηρεί τον "πετρώδη" χαρακτήρα της ανεβάζοντας την πυκνότητα του ρέοντος ρευστού, δηλ. του μίγματος ύδατος και λεπτόκοκκων υλικών, έως 2t/m³ περίπου. Κατά συνέπεια μειώνεται η αναλογία του καθαρού ύδατος στο μίγμα. Το μέγεθος

της αναλογίας εκτιμάται παίρνοντας υπόψη, ότι η αναλογία των αδρών συστατικών ανέρχεται σε 63% περίπου και κάνοντας μια υπόθεση για την πυκνότητα του ρευστού (νερό με λεπτόκκοκα υλικά).

Στην περίπτωση παχύρρευστων (ιξωδών) χειμαρρολαβών η κίνηση του μίγματος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ρευστού (ύδατα με λεπτόκκοκα υλικά) και γίνεται σχεδόν ως στρωτή (μη τυρβώδης). Η μεταφορά αδρών υλικών, ιδίως ογκολίθων είναι μάλλον συμπτωματική. Λόγω δε της υψηλής πυκνότητας και του μεγάλου ιξώδους του ρευστού οι ογκόλιθοι "πλέουν" εντός αυτού ή στην επιφάνεια του. Εάν δε συμβεί να απουσιάζουν παντελώς από το μίγμα τα αδρομερή συστατικά και ιδίως οι ογκόλιθοι, η χειμαρρολάβα αποκτά τη μορφή λασπορροής.

Η διαδικασία κίνησης των χειμαρρολαβών μοιάζει πολύ με εκείνη των χιονολισθήσεων. Η ροή τους είναι έντονα ασταθής, η δε χρονική πορεία τους (δηλ. το λαβαγράφημα ενός λαβακύματος) μπορεί να θεωρηθεί σε απλοποιημένη μορφή ως τριγωνοειδής. Η μέγιστη ροή του μίγματος "νερό-υλικά" εμφανίζεται ευθύς πίσω από την αιχμή του λαβακύματος, που είναι γνωστή ως λαβακεφαλή (Εικόνα. 9).



Εικόνα 9: Σχηματική παράσταση της μηκοτομής ενός λαβακύματος

Κάθε χειμαρρολάβα συνίσταται κατά κανόνα από περισσότερα λαβακύματα.

Στο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο λαβακυμάτων, ο χέραδος μπορεί να εμφανίζει συμβατική μεταφορά υλικών (στερεομεταφορά, αιωρομεταφορά) με περίπου σταθερή ροή και με μέγιστη συγκέντρωση υλικών κοντά στον πυθμένα.

Χαρακτηριστικό των χειμαρρολαβών είναι η πολύ μεγάλη διαβρωτική και μεταφορική ικανότητα που αναπτύσσουν, η συγκέντρωση ογκολίθων στην περιοχή του μετώπου τους, ο σχηματισμός πλευρικών κυμάτων, η κατά κανόνα απότομη και ενιαία ακινητοποίηση της λαβαμάζας και η χωρίς διαλογή απόθεση των υλικών τους.

Προϋποθέσεις για τη δημιουργία χειμαρρολάβας

Οι κύριες προϋποθέσεις για να δημιουργηθεί μια χειμαρρολάβα είναι η ύπαρξη:

- μιας ελάχιστης κλίσης στην κοίτη του ρεύματος και
- ενός επαρκώς μεγάλου όγκου φερτών υλών, δηλ. ενός έντονου χειμαρρικού περιβάλλοντος. Οι δύο αυτοί παράγοντες αποτελούν και τα σπουδαιότερα κριτήρια για την εκτίμηση του βαθμού επικινδυνότητας ενός χέραδου.

Η αναγκαία ελάχιστη κλίση κλιτύος ή κοίτης χειμάρρου για τη δημιουργία χειμαρρολάβας (λαβαγενεση) ανέρχεται σε 27 % (15°). Αυτό όμως δεν αποκλείει τον σχηματισμό χειμαρρολαβών και υπό μικρότερες κλίσεις, σε περίπτωση απόφραξης της κοίτης, η οποία οδηγεί σε συσσώρευση υλικών στα ανάντη της.

Συσσωρεύσεις φερτών υλών σε μεγάλες ποσότητες σχηματίζονται τόσο εντός των κοιτών των ρευμάτων λόγω αποθέσεων, όσο και σε ολισθαίνουσες

κλιτύες. Συνήθως, ένα μεγάλο μέρος της χειμαρρολάβας (περίπου τα 2/3) προέρχεται από τη χαραδρωτική και πρηνική διάβρωση των υλικών που είναι συσσωρευμένα στην κοίτη. Η ύπαρξη συσσωρευμένου όγκου τέτοιων αποθέσεων μπορεί να υπολογιστεί και να αποτελέσει κριτήριο για την εκτίμηση της επικινδυνότητας του χέραδου. Τα υλικά, που είναι συσσωρευμένα στις κλιτύες, χρησιμεύουν συνήθως στο να τροφοδοτούν την κοίτη μετά την αποκομιδή των συσσωρευμάτων από το χώρο των λαβακυμάτων που προηγούνται.

2.14.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία χειμαρρολάβας

Οι παράγοντες, που ευνοούν τη δημιουργία χειμαρρολαβών είναι οι εξής:

- συσσώρευση άφθονων υλικών από πλευρικούς κλάδους στην κεντρική κοίτη, του ρεύματος.
- στενές θέσεις της κοίτης, π.χ. προεξοχές βράχων, όπου συσσωρεύονται πολλά και ογκώδη υλικά κλπ,
- κορμοτεμάχια που μεταφέρονται από τα ύδατα σε συνδυασμό με στενές θέσεις της κοίτης, τις οποίες αποφράσσουν.

Πίνακας 1

Εκτίμηση της επικινδυνότητας των χέραδων με βάση την κλίση της κοίτης και τον όγκο των φερτών υλών

Κλίση J της κοίτης ή της κλιτύος στην περιοχή έναρξης της χειμαρ-ρολάβας	Γενικά γνωρίσματα των κοιτών και κλιτύων του ρεύματος,	Βαθμός επικινδυνότητας
J > 25 %	<ul style="list-style-type: none"> Κοίτη εντός χαλαρών (λυτών) πετρωμάτων, σχηματισμών, μεγάλες εστίες παραγωγής υλικών ($V > 10.000 \text{ m}^3$) Κοίτη κυρίως εντός χαλαρών (λυτών) σχηματισμών ($V = 1.000 - 10.000 \text{ m}^3$) Κοίτη κυρίως εντός βραχώδους σχηματισμού ($V < 1.000 \text{ m}^3$) 	<p>A1 (μεγάλη)</p> <p>A2 (συνήθης)</p> <p>B(ασθενής)</p>

<p>J = 15 + 25%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Κοίτη εντός σχιστολιθικού ή φλυσχικού σχηματισμού ($V > 10.000 \text{ m}^3$) • Κοίτη εντός των λοιπών σχηματισμών με δυνα-τότητα έκφραξης ($V > 10.000 \text{ m}^3$) • Κοίτη χωρίς δυνατότητα έκφραξης ($V = 1.000+ 10.000 \text{ m}^3$) • Κοίτη κυρίως εντός βραχώδους σχηματι- 	<p>A1 (μεγάλη)</p> <p>A2(συνήθης)</p> <p>B(ασθενής)</p>
<p>J < 15%</p>	<p>Οι παραπάνω περιπτώσεις με τα ίδια γνωρίσματα</p>	<p>0 (ελάχιστη)</p>
<p>V: ο μέγιστος όγκος σε λυτά υλικά που αναμένεται, ότι θα κινηθεί από τη θέση εκκίνησης έως τη θέση απόθεσης της χειμαρρολάβας κατά την διάρκεια ενός χεραδικού επεισοδίου</p>		

Σε χειμαρρικά ρεύματα με κλίση κοίτης έως 25 % η πιθανότητα δημιουργίας χειμαρρολαβών με πολτοποίηση του πυθμένα είναι πολύ μικρή. Εάν όμως τα ρεύματα αυτά συνδυάζονται και με τις παραπάνω προϋποθέσεις, είναι δυνατό να δημιουργηθούν χειμαρρολάβες ή να ενισχυθούν εκείνες που προέρχονται από υψηλότερες περιοχές.

Οι παράγοντες, που δυσχεραίνουν τη δημιουργία χειμαρρολαβών είναι:

- οι έντονα βαθμιδωμένες μηκοτομές
- οι επίπεδες διαδρομές σημαντικού μήκους χωρίς τη δυνατότητα απόσπασης υλικών με διάβρωση, αλλά με δυνατότητα απόθεσης των μεταφερόμενων υλικών

- οι επίπεδες εκτάσεις, που εκτείνονται κατά μήκος των όχθων των ρευμάτων, στις οποίες αποθέτονται τα φερτά υλικά, χωρίς να μπορούν οι ίδιες να τροφοδοτούν τις χειμαρρικές λάβες (απώλειες υλικού λόγω παραλαβών)
- οι ενδιάμεσες αποθέσεις ογκολίθων.

Η ύπαρξη **έργων διευθέτησης** των χειμάρρων με βάση την πλημμυρική και στερεομεταφορική δράση τους επηρεάζει τη δημιουργία χειμαρρολαβών, ως εξής: Η βαθμίδωση της κοίτης με την ίδρυση κατάλληλων φραγμάτων και η αναδάσωση της ορεινής λεκάνης απορροής βελτιώνουν την σταθεροποίηση των κλιτύων, περιορίζουν τη δυνατότητα παραγωγής υλικών, στερεώνουν την κοίτη ή μειώνουν την κινητικότητα της, κι έτσι κάνουν λιγότερο πιθανή την δημιουργία χειμαρρολαβών. Επίσης, η ίδρυση αναχωμάτων και η διεύρυνση των κοιτών στον κώνο πρόσχωσης αυξάνουν την ικανότητα διόδευσης και αποθήκευσης των υδάτων και των φερτών υλών του χειμάρρου, κι έτσι μειώνουν τη δυνατότητα υπερχείλισης των λαβαμαζών. Αντίθετα, η θραύση φραγμάτων που διατηρούνται σε κακή κατάσταση (παλαιά, κακοσυντηρημένα φράγματα) απελευθερώνει σημαντικές ποσότητες υλικών, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην δημιουργία χειμαρρολαβών σε ρεύματα με κλίση κοίτης μεγαλύτερη των 15 %. Στην περίπτωση αυτή η επικινδυνότητα του ρεύματος γίνεται μεγαλύτερη από εκείνη πριν από τη διευθέτηση.

2.15. Η ΘΟΛΗ Ή ΠΥΚΝΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Ως θολή ή πυκνή μεταφορά ή μεταφορά πυκνότητας ή πυκνομεταφορά χαρακτηρίζεται η μεταφορά φερτών υλών στον πυθμένα των φυσικών ή τεχνητών λιμνών και των θαλασσών από κινούμενες υδρομάζες.

Η θολή ή πυκνή μεταφορά δημιουργεί ενδοθαλάσσια ή ενδολίμνια θολά ή πυκνά ρεύματα ή ρεύματα πυκνότητας ή πυκνόρρευστα ρεύματα.

Τα θολά (πυκνά) ρεύματα χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρήματα ως προς την υδάτινη μάζα που τα περιβάλλει. Κινούνται δε με υψηλό τυρβώδες διαμέσου ηρεμούντος ή ελαφρά ρέοντος ύδατος. Η ταχύτητα ροής τους εξαρτάται κυρίως από την αιωροσυγκέντρωση που εμφανίζουν (δηλ. από την πυκνότητα του αιωρήματος) και από την κλίση της επιφάνειας στον πυθμένα. Λόγω του υψηλού τυρβώδους τους μπορούν να διατηρούν σε αιώρηση και αδρομερέστερα συστατικά, τα οποία μεταφέρουν σε σημαντικές αποστάσεις. Οι αποθέσεις που σχηματίζουν είναι στρωσιγενείς, τα δε υλικά κάθε στρώσης διατάσσονται διαβαθμισμένα (τα αδρομερή κάτω, τα λεπτά άνω).

Τα πυκνά (θολά) ρεύματα αποτελούν το κύριο μέσο μεταφοράς και απόθεσης αιωρημάτων δια των φυσικών ρευμάτων στο εσωτερικό των φυσικών ή τεχνητών λιμνών και των θαλασσών. Διακρίνονται δε με βάση το γενεσιουργό αίτιο τους σε:

- πυκνορεύματα από λασπολυσθήσεις υπό το νερό και σε πυκνορεύματα από την εισροή ρευμάτων με μεγάλη αιωροπεριεκτικότητα.

Συχνότερα και κατά πολύ διαρκέστερα είναι τα πυκνορεύματα που οφείλονται σε επίγεια ροή, δηλ. εκείνα που οφείλονται στην εισροή εντός λίμνης ή

θάλασσας υδάτων της επιφανειακής απορροής με μεγάλη αιωρο-συγκέντρωση. Τα ρεύματα αυτά ασκούν από γεωμορφολογική άποψη μεγάλη επίδραση. Δείγμα της έντονης δράσης πυκνορευμάτων του είδους αυτού είναι οι πολυπληθείς διακοπές καλωδιακών συνδέσεων σε υποθαλάσσιες και υπολίμνιες περιοχές κατά τον άξονα πορείας ποταμών σε περιόδους πλημμύρων. Επειδή τα πυκνορεύματα αποτελούνται από καλά εναεριωμένα ύδατα, μεταφέρουν επίσης και διαλυμένο οξυγόνο στο υπολίμνιο. Π.χ. κατά τη διάρκεια πλημμυρικής απορροής του χειμαρροπόταμου Glaner Linth συσσωρεύτηκαν στον πυθμένα της λίμνης Walensee εντός 13 ωρών άνω των 80 τόνων οξυγόνου. Παρόλο, πάντως, που η σημασία αυτής της οξυγόνωσης του υπολιμνίου παραμένει περιορισμένη, επειδή συνήθως οι λίμνες έχουν μεγαλύτερες ανάγκες, εντούτοις δεν πρέπει να υποτιμάται η σημασία της.

Στη συνέχεια δίνονται μερικά παραδείγματα πυκνορευμάτων που έχουν μελετηθεί σε φυσικές λίμνες:

- τα συνήθη, πλημμυρικά ύδατα του χειμαρροπόταμου Glarner Linth, ο οποίος χύνεται στην λίμνη \ Walensee (Ελβετία), αναπτύσσουν πυκνορεύματα, που κινούνται με ταχύτητα άνω των 50 cm/s και σχηματίζουν στρωσιγενείς αποθέσεις με διαβαθμισμένα υλικά στο κέντρο του υπολίμνιου
- τα συνήθη, πλημμυρικά ύδατα του άνω Ρήνου σχηματίζουν στη λίμνη Bodensee (λίμνη της Κωνσταντίας) πυκνορεύματα με αιωροπεριεκτικότητα έως 5 g/l και ταχύτητα κίνησης άνω των 120 cm/s). Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας εμφανίζεται κατά τη φάση ανόδου του υδρογραφήματος, επειδή τότε τα ύδατα βρίσκουν διαθέσιμα άφθονα υλικά, τα οποία και απάγουν.

Επειδή κατά το θέρος τα ύδατα του ποταμού είναι θερμά, θα έπρεπε το πυκνόρευμα να είχε ανέλθει στην επιφάνεια της λίμνης ως θερμότερο, όπως συμβαίνει με τα καθαρά πλημμυρικά νερά του ποταμού. Αυτό παρεμποδίζεται όμως από την ύπαρξη άφθονων αιωροϋλικών

Ιδού τώρα μερικά παραδείγματα σ' ό,τι αφορά τα πυκνορεύματα σε τεχνητές λίμνες {ταμιευτήρες):

τα πλημμυρικά ύδατα του ποταμού Colorado, ο οποίος τροφοδοτεί τον ταμιευτήρα Lake Mead των ΗΠΑ, εμπλουτισμένα με αιωροϋλικά σε μεγάλη πυκνότητα ($1,02 \text{ g/Km}^3$) εισδύουν ευθύς μετά την εκβολή του στα καθαρά ύδατα της λίμνης και ρέουν στον πυθμένα της, παρακολουθώντας ως πυκνόρευμα την παλαιά κοίτη του ποταμού, οπότε μετά από ροή 200 Km με μέση ταχύτητα 10-30 cm/s φθάνουν στο φράγμα Hoover Dam. Εντός μιας 13ετίας (1935-1948) τα ύδατα του ποταμού απόθεσαν στην λίμνη υλικά άνω του ενός εκατομμυρίου τόνων στον ελβετικό ταμιευτήρα Z'Mutt (φράγμα Grande Dixense) παρατηρήθηκαν πυκνορεύματα με ταχύτητα ροής 40 - 50 cm/s, τα οποία οφείλονται στα άφθονα αιωροϋλικά (έως 4 g/l), που διαθέτουν τα ύδατα τήξης τοπικού παγετώνα.

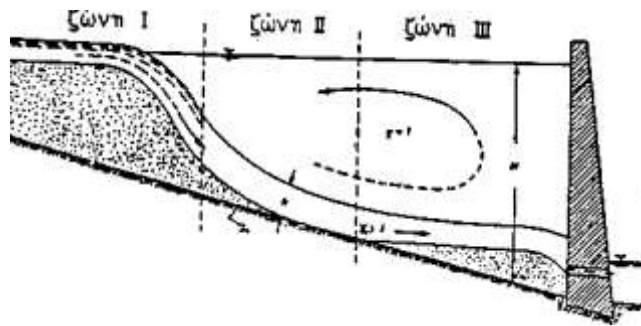
Έχει διαπιστωθεί, ότι στους ταμιευτήρες τα ρεύματα πυκνότητας διακρίνονται, γενικά, σε τρεις ζώνες, ως εξής (Εικόνα. 10):

Ζώνη I: αρχή σχηματισμού του πυκνορεύματος υπεράνω του κώνου πρόσχωσης ή του δέλτα. Ροή ύδατος ομοιόμορφη. Πυθμένας χονδρόκοκκος. Βάθος ροής σταθερό, χωρίς απόθεση υλικών.

Ζώνη II: το πυκνορεύμα απομακρύνεται από το δέλτα. Ροή ύδατος μάλλον ομοιόμορφη. Πυθμένας με μέτρια έως λεπτά υλικά. Βάθος ροής μάλλον

σταθερό, χωρίς αποθέσεις υλικών.

Ζώνη III: το πυκνορεύμα προσεγγίζει το φράγμα. Ροή ανομοιόμορφη λόγω μεταβολής του βάθους. Πυθμένας πολύ λεπτόκοκκος. Περιοχή απόθεσης υλικών.



Εικόνα 10: Ρεύμα πυκνότητας σε ταμειωτήρα

Από όσα αναφέρθηκαν, προκύπτει, ότι μεταξύ του ρεύματος πυκνότητας και του καθαρού νερού δημιουργείται μια ενδιάμεση στιβάδα, στην οποία η μεταβολή της ταχύτητας και της πυκνότητας του νερού με το βάθος ροής είναι αρκετά σημαντική.

Ο σχηματισμός ενός ρεύματος πυκνότητας είναι δυνατός, όταν η συγκέντρωση των φερτών υλών με αιώρηση υπερβαίνει μια ελάχιστη τιμή. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή, κατά την οποία το ρεύμα πυκνότητας αποκτά ασταθή ροή, δηλαδή όταν το πάχος του ρεύματος πυκνότητας και της ενδιάμεσης στιβάδας αυξάνεται. Τότε η ταχύτητα αντίθετης φοράς του καθαρού νερού πλησιάζει την ταχύτητα του ρεύματος πυκνότητας

κατ'απόλυτη τιμή, το δε τυρβώδες εκτείνεται σ' όλο το βάθος του ταμιευτήρα.

2.16. ΑΠΟΘΕΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ

2.16.1. Αίτια και διάκριση της απόθεσης φερτών υλών

Η απόσπαση και μεταφορά υλικών από τα απορρέοντα ύδατα στις ορεινές λεκάνες των ρευμάτων οφείλεται στο ότι η συρτική δύναμη του νερού, είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του γεωϋποθέματος των λεκανών και των ρείθρων των κοιτών.

Με την κάθοδο όμως του νερού στις χαμηλότερες περιοχές των ρευμάτων οι κλίσεις των κοιτών μειώνονται, οι δε διατομές τους διευρύνονται, ώστε τελικά η ροή των υδάτων να επιβραδύνεται κι έτσι να περιορίζεται η συρτική δύναμη τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απόθεση των μεταφερόμενων υλικών.

Η συρτική δύναμη του νερού σπάνια μειώνεται αιφνίδια και έντονα. Κατά κανόνα η ελάττωση της γίνεται προοδευτικά, ανάλογα με τη μείωση της ταχύτητας ροής προς τα κατόντη. Με τον ίδιο τρόπο γίνεται και η απόθεση των υλικών. Αρχικά αποθέτονται οι αδρομερέστερες, στην συνέχεια οι μέσου μεγέθους και, τέλος, οι λεπτότερες φερτές ύλες. Έτσι επέρχεται μια γενική διαλογή του υλικού κατά μήκος των χώρων απόθεσης.

Συσσωρευμένες (μαζικές) αποθέσεις υλικών σχηματίζονται ευθύς μετά την έξοδο των υδάτων στις πεδινές περιοχές, όπου τα ρεύματα σχηματίζουν τα ριπίδιά τους (κώνοι πρόσχωσης, κοίτες αναμετακίνησης, κοίτες εκβολής, δέλτα). Αποθέσεις μόνιμες ή προσωρινές δημιουργούνται επίσης και στα ορεινά τμήματα των κοιτών, όπως π.χ. πίσω από βραχώδεις προεξοχές, στο εσωτερικό στροφών, ή όπου υπάρχουν παροδικά ή μόνιμα εμπόδια στην

κοίτη, όπως ξύλα, λίθοι και άλλα υλικά. Είναι όμως περιορισμένες σε έκταση και όγκο.

Ο συνολικός όγκος των αποθέσεων ενός ρεύματος εκφράζει τη γενική διάβρωση στην ορεινή λεκάνη απορροής και κατ επέκταση τη χειμαρρικότητά του. Το μέγεθος του όγκου απόθεσης υπολογίζεται από την ογκομετρική διαφορά των αποθέσεων σε κατάλληλες θέσεις του ρεύματος μεταξύ δύο χρονικών σημείων. Για τέτοιους υπολογισμούς προσφέρονται ιδιαίτερα οι τεχνητές ή φυσικές λίμνες και οι κώνοι πρόσχωσης.

Οι αποθέσεις φερτών υλών διακρίνονται με βάση την περιοχή του χειμαρρικού ρεύματος στην οποία συμβαίνουν, ως εξής:

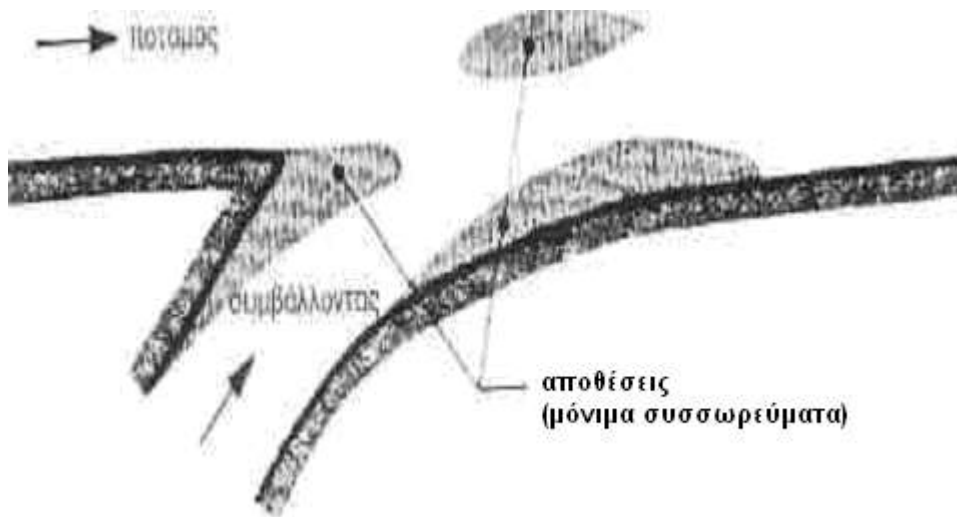
- **εσωτερικές ή εξωτερικές:** ανάλογα με το εάν σχηματίζονται εντός ή εκτός των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου του ρεύματος και
- **ενδολεκάνιες ή εξωλεκάνιες:** ανάλογα με το εάν σχηματίζονται εντός ή εκτός της ορεινής λεκάνης απορροής του ρεύματος. Ενδιαφέρον, ιδίως από πρακτική άποψη παρουσιάζουν οι εξής περιπτώσεις απόθεσης φερτών υλών:
 - οι αποθέσεις στις **φυσικές κοίτες** των χειμαρρικών ρευμάτων (εσωτερικές, ενδολεκάνιες και εξωλεκάνιες αποθέσεις)
 - οι αποθέσεις στις **πεδινές περιοχές**, οι οποίες διαμορφώνουν τα ριπίδια και ιδίως τους κώνους πρόσχωσης, τις κοίτες αναμετακίνησης, τις κοίτες εκβολής και τα δέλτα των ρευμάτων (εξωλεκάνιες αποθέσεις) και
 - οι αποθέσεις στους φυσικούς και τεχνητούς **ταμιευτήρες**, καθώς και στα **χειμαρρικά** φράγματα (εξωτερικές, ενδολεκάνιες και εξωλεκάνιες αποθέσεις).

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε κάθε μία από τις παρακάτω περιπτώσεις απόθεσης φερτών υλών.

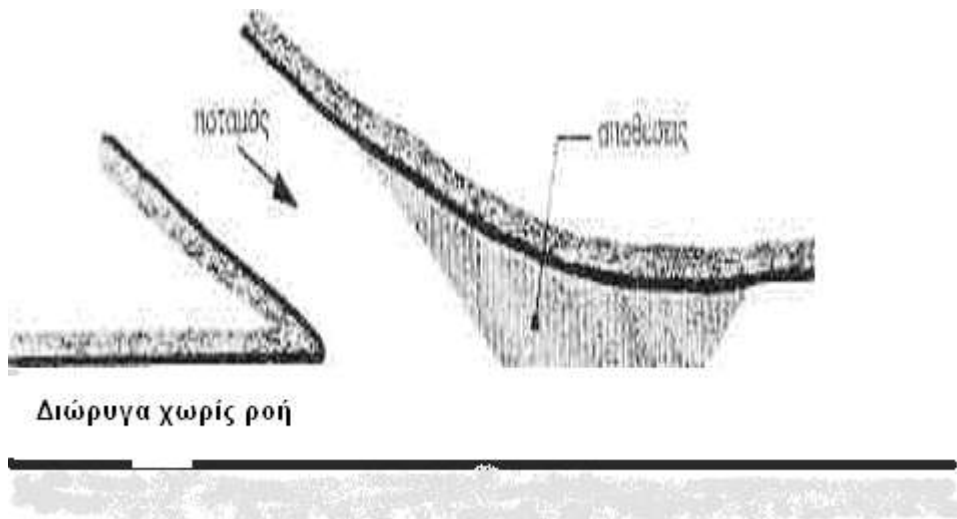
2.16.2. Εσωτερικές αποθέσεις στις κοίτες των χειμαρρικών ρευμάτων

Ως εσωτερικές χαρακτηρίζονται οι μόνιμες ή προσωρινές τοπικές αποθέσεις, σε διάφορες θέσεις των κοιτών των ρευμάτων, τόσο στις ορεινές λεκάνες απορροής όσο και στις πεδινές διαδρομές τους.

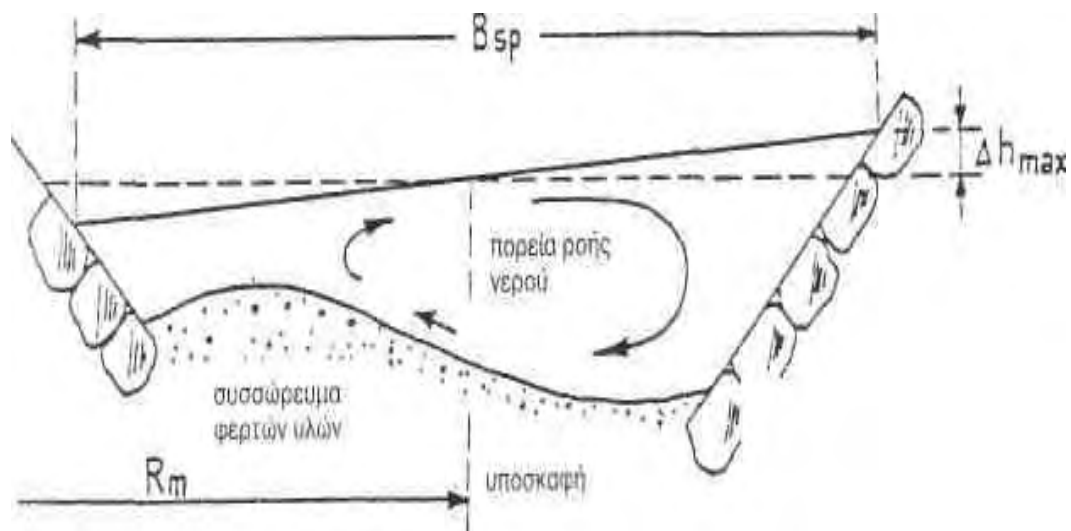
Στις εσωτερικές αποθέσεις ανήκουν κατά κανόνα τα **μόνιμα συσσωρευμένα**, που δημιουργούνται στις θέσεις στροφής των κοιτών (εικόνα 11, 12). Επειδή στο εσωτερικό μέρος κάθε στροφής η ταχύτητα ροής του νερού και η αντίστοιχη συρτική δύναμη μειώνονται (εικόνα 13), τα φερτά υλικά αποθέτονται εκεί ή, σε περίπτωση που συμβαίνει απόθεση υλικών σ' όλο το πλάτος της στροφής, τα φερτά υλικά που αποθέτονται στην εσωτερική πλευρά της στροφής, είναι περισσότερα και αδρομερέστερα από εκείνα στην εξωτερική πλευρά. Τέτοια συσσωρεύματα σχηματίζονται επίσης από τις αποθέσεις φερτών υλών λόγω διεύρυνσης των διατομών των κοιτών (εικόνα 14). Τέλος, μόνιμα συσσωρεύματα δημιουργούνται στους χώρους εκβολής δευτερεύοντα συμβάλλοντα στον κύριο αποδέκτη του ή στη θέση συμβολής δύο ρευμάτων (εικόνα 11, 12), καθώς και στα κατάντη των θέσεων υδρομάστευσης (εικόνα 15).



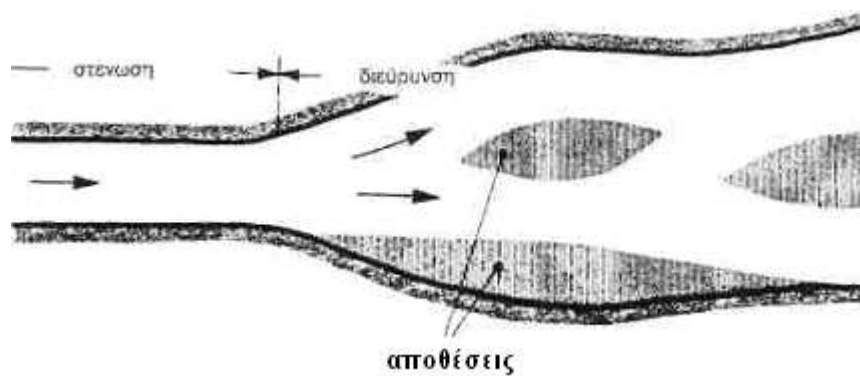
Εικόνα 11: Μόνιμο συσώρευμα στη θέση εισόδου δευτερεύοντα κλάδου στον κύριο αποδέκτη (Scheuerlein, 1983)



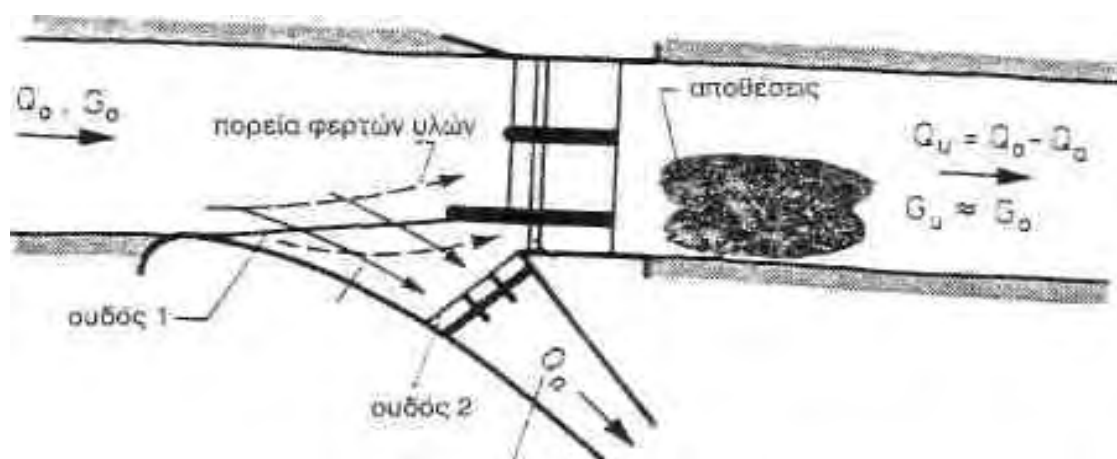
Εικόνα 12: Μόνιμο συσώρευμα κατά την εισροή ποταμού σε διώρυγα ((Scheuerlein, 1983)



Εικόνα 13: Μόνιμο συσώρευμα στο εσωτερικό στροφής της κοίτης



Εικόνα 14: Αποθέσεις λόγω διεύρυνσης της διατομής του ρεύματος
(Scheuerlein 1983)



Εικόνα. 15: Δημιουργία αποθέσεων λόγω απόληψης νερού (Scheuerlein 1983)

Στις εσωτερικές αποθέσεις περιλαμβάνονται και οι συγκεντρώσεις μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών στις κοίτες των ορεινών λεκανών απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων με μορφή κινητών πυθμένων μεγάλου βάθους (ενδολεκάνιες, εσωτερικές αποθέσεις).

2.16.3.Αποθέσεις των χειμαρρικών ρευμάτων στα αλλουβιακά ριπίδια

Τα χειμαρρικά ύδατα μετά την έξοδο τους από την ορεινή λεκάνη απορροής προς τις χαμηλές, πεδινές περιοχές αποθέτουν προοδευτικά τα φερτά υλικά που μεταφέρουν. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζονται τα αλλουβιακά ριπίδια, δηλ. εκτεταμένες αλλουβιακές αποθέσεις με ριπιδοειδή μορφή και ήπιες κλίσεις

Με βάση τη σαφήνεια, με την οποία διαμορφώνονται τα όρια τους, τα ριπίδια που αναπτύσσονται ελεύθερα (χωρίς πλευρικά εμπόδια), διακρίνονται σε **σαφή** και **ασαφή**, ανάλογα δε με τη μορφολογία τους διακρίνονται σε **κωνοειδή** (αυτά διαμορφώνουν κατά κανόνα τους κώνους πρόσχωσης),

πτουοειδή, κογχυλιοειδή, βοτρυοειδή και κωδωνοειδή (Εμμανουλούδης, 1996).

Στα μικρά χειμαρρικά ρεύματα των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών τα ριπίδια αποκτούν στο σύνολο τους ή μόνο στο υψηλότερο μέρος τους σαφή γεωμετρικότητα, έντονα κωνικόμορφη όψη, σχετικά ισχυρές κλίσεις και συγκροτούνται από αδρομερή υλικά. Οι μορφές αυτές των ριπιδίων ή των επιμέρους (υψηλότερων) τμημάτων τους καλούνται **κώννοι πρόσχωσης ή απόθεσης**). Ως όριο δε μεταξύ των ριπιδίων και των κώννων πρόσχωσης θεωρείται η κλίση των 8 % στην επιφάνεια του σχηματισμού (Εικόνα 1).

Η κλίση J_R της επιφάνειας του ριπιδίου επηρεάζει τη μορφολογία του, ως εξής:

- όταν $J_R > 4\%$, η μορφή του ριπιδίου καθορίζεται κυρίως από τους παράγοντες της ορεινής λεκάνης απορροής
- όταν $J_R < 4\%$, τη μορφή του ριπιδίου ορίζουν οι παράγοντες του χώρου απόθεσης των υλικών.

Κύριος παράγοντας που επηρεάζει τη διαμόρφωση των ριπιδίων όταν $J_R > 4\%$, είναι η *μέση κλίση* του χειμαρρικού χώρου, της οποίας η επίδραση αποδίδεται με τον συντελεστή Φ , ως εξής:

$$\Phi = (J_{m,k} \cdot J_{m,l})^{0,5}$$

όπου: Φ : συντελεστής μέσης κλίσης (αριθμός)

$J_{m,k}$: μέση κλίση της κοίτης (%)

$J_{m,l}$: μέση κλίση της λεκάνης (%).

Με βάση το συντελεστή αυτό το ριπίδιο αποκτά τις ακόλουθες μορφές σχημάτων:

<u>Φ (%)</u>	<u>σχήμα ριπιδίου</u>
< 15	άμορφο
15 - 25	κογχυλιοειδές ή οτρυοειδές
23 - 45	κωνοειδές

Σε περίπτωση εκροής των ρευμάτων σε λίμνη ή θάλασσα το κάτω μέρος των ριπιδίων που διεισδύει στον θαλάσσιο ή λιμναίο χώρο αποτελεί το **δέλτα** τους.

2.17. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΩΝΟΥΣ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ

2.17.1 Κώνοι πρόσχωσης σε ρεύματα με στερεωμεταφορά

Στάδια σχηματισμού του κώνου πρόσχωσης σε ρεύματα με στερεομεταφορά

Οι κώνοι πρόσχωσης των χειμαρρικών ρευμάτων καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις στις πεδινές περιοχές, όπως φαίνεται από τον πίνακα 2. Στους χείμαρρους δε των πολύ ορεινών και αλπικών περιοχών οι κώνοι πρόσχωσης παρουσιάζουν σημαντικές υψομετρικές διαφορές και έντονες κλίσεις.

Πίνακας 2

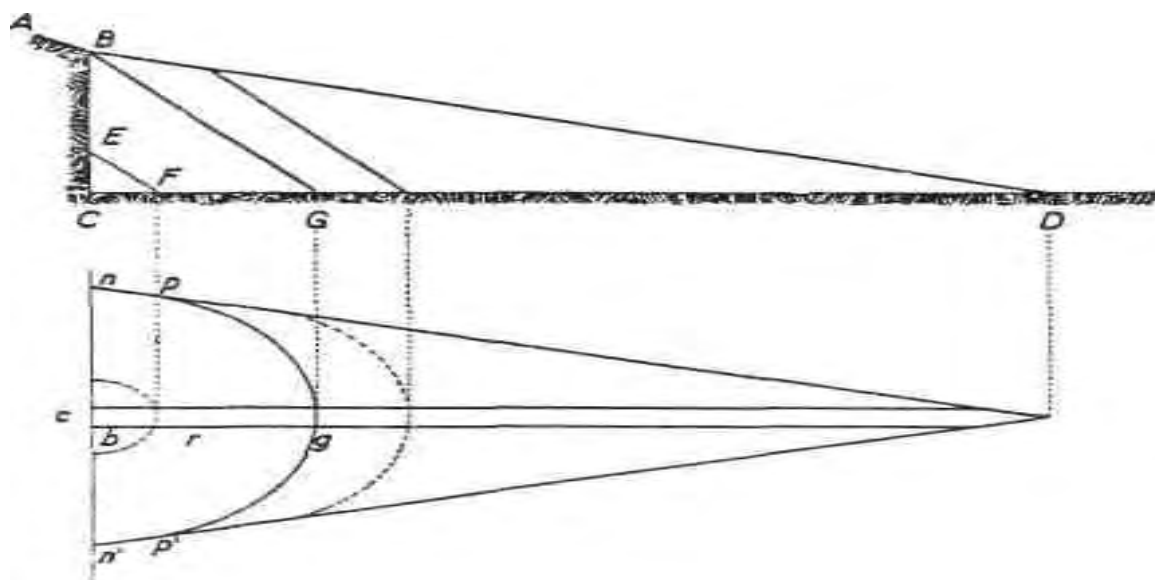
Κώνοι πρόσχωσης διαφόρων χειμαρρικών ρευμάτων της Αυστρίας και Ελλάδας

Χειμαρρικός χώρος	Χειμαρρικό ρεύμα
-------------------	------------------

	Schlossbach στο ZIRL (Αυστρία)	Vomzerbach στο Inntal (Αυστρία)	Kranewintten bach στο Inntal (Αυστρία)	Υπάτης (Ελλάδα)
Έκταση ορεινής λεκάνης απορροής	30Km ²	56 Km ²	6,5 Km ²	28,4 Km ²
Περίμετρος κώνου στη βάση	3.225m	3.875m	2.125m.	3.750m
Μήκος κώνου	1.120 m	2.625 m	1250 m	3,200 m
Κλίση κώνου στο μέσο της επιφάνειας του	5,3%	2,6%	16,0%	5,6%
Υψομετρική διαφορά μεταξύ της βάσης και της κορυφής του κώνου	72 m	60 m	220 m	280 m
Επιφάνεια κώνου	6,75 Km ²	3,25 Km ²	0,82 Km ²	6,32 Km ²

Κάθε κώνος πρόσχωσης διέρχεται κατά την ανάπτυξη του από διάφορες φάσεις. Στη συνέχεια εξετάζονται οι γενικές φάσεις σχηματισμού ενός τυπικού κώνου πρόσχωσης σε πεδινή περιοχή στην περίπτωση ατομικής μεταφοράς υλικών (στερεομεταφοράς).

Έστω, ότι το χειμαρρικό ρεύμα εκβάλλει σε σχεδόν οριζόντια πεδιάδα και παρουσιάζει στο τέλος της κοίτης εκκένωσης του, δηλαδή στην έξοδο του στα πεδινά, την κατακόρυφη πτώση BC (Εικόνα. 16). Στην περίπτωση αυτή ο σχηματισμός του κώνου εξελίσσεται, ως εξής:

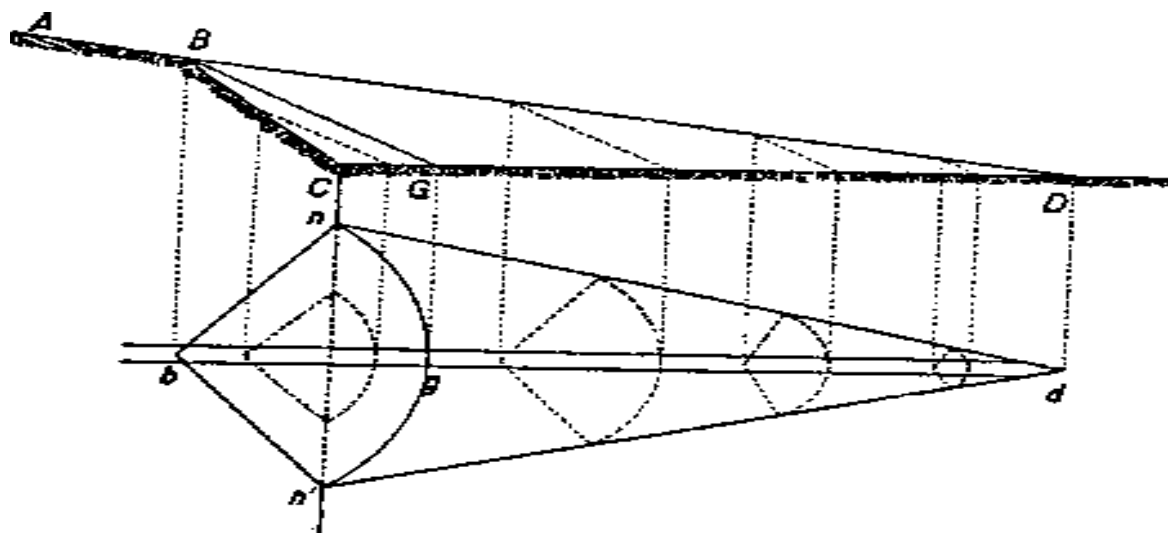


Εικόνα 16: Σχηματισμός κώνου πρόσχωσης σε χειμαρρικό ρεύμα που εκβάλλει σε πεδιάδα με κατακόρυφη πτώση (Hartel, Winter, 1934)

1η φάση: σχηματισμός του ημικώνου πρόσχωσης

Τα στερεά υλικά του ρεύματος, μετά την πτώση τους από το κάτω άκρο της κοίτης εκκένωσης (τμήμα AB) αποθέτονται στον πεδινό χώρο περιοχή C) σχηματίζοντας εκεί την κλίση περιπλάνησης (Εικόνα. 16). Ο σχηματισμός της κλίσης αυτής συμβαίνει, επειδή, κατά την έξοδο του ρεύματος στα πεδινά το νερό εξαπλώνεται και ρέει προς όλες τις κατευθύνσεις, οπότε μειώνεται στο ελάχιστο το βάθος ροής, επομένως και η συρτική δύναμη του. Έτσι δημιουργείται ο ημικώνος CEF, του οποίου η γενέτειρα σχηματίζει την κλίση περιπλάνησης. Εφόσον η δράση του χειμαρρικού ρεύματος συνεχίζεται, δημιουργούνται και νέες, αλληπάλληλες αποθέσεις κατά την κλίση περιπλάνησης, ο δε ημικώνος μεγεθύνεται διαρκώς, μέχρις ότου η εξωτερική επιφάνεια του (γενέτειρα) συναντήσει τελικά το κάτω άκρο B της κοίτης εκκένωσης, οπότε σχηματίζεται ο τελικός ημικώνος BG (Εικόνα. 16). Η φάση περατώνεται με τη δημιουργία αποθέσεων κατά την κλίση περιπλάνησης. Η

εικόνα 17 δείχνει την εξέλιξη της φάσης για την περίπτωση μη κατακόρυφης πτώσης του νερού στο σημείο εξόδου του χειμάρρου στα πεδινά. Εάν δε συμβεί η κλίση στο τμήμα BC να είναι μικρότερη της κλίσης περιπλάνησης, τα υλικά αποτίθενται με την υφιστάμενη φυσική κλίση. Στις εικόνες 16 και 17 δίνονται και οι κατόψεις των ημικώνων για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση η κάτοψη αποτελεί ημικύκλιο, ενώ στην δεύτερη είναι τμήμα κύκλου.



Εικόνα 17: Σχηματισμός κώνου πρόσχωσης σε χειμαρρικό ρεύμα που εκβάλλει σε πεδιάδα με ισχυρή κλίση (Hartel, Winter, 1934)

2η φάση: σχηματισμός της πυραμίδας πρόσχωσης

Εφόσον συνεχίζεται η δράση του χειμαρρικού ρεύματος, εξακολουθούν οι αποθέσεις στο πεδινό τμήμα και μετά το σχηματισμό του παραπάνω ημίκωνου. Η διατομή της κοίτης στην κορυφή Β του ημίκωνου προσδιορίζεται από τα πρηνή της κοίτης εκκένωσης. Όταν λοιπόν μετά το πέρας της πρώτης

φάσης, φθάνουν φερτά υλικά στην παραπάνω θέση, το μέρος των υλικών που κινείται στο μέσο της κοίτης (κατά μήκος του άξονα της) θα εξακολουθήσει να μεταφέρεται προς τα κατάντη. Οι φερτές ύλες όμως που κινούνται πλευρικά, αποτίθενται ευθύς μετά την έξοδο τους από την κοίτη εκκένωσης περί τα κράσπεδα της ροής και κατά μήκος των πρανών της, επειδή μεταφέρονται με μικρότερη ταχύτητα. Από τις αποθέσεις αυτές σχηματίζονται δύο παράλληλοι λοφίσκοι στην κορυφή του ημίκωνου των προσχώσεων, οι οποίοι διατηρούνται, επειδή προστατεύονται από τις κλιτύες της κοίτης εκκένωσης, στις οποίες και στηρίζονται. Έτσι δημιουργείται η φυσική κοίτη Γ (Εικόνα. 16) η οποία διευκολύνει την περαιτέρω προώθηση των φερτών υλών προς τα κατάντη κατά την κατεύθυνση BD (Εικόνα. 16, 17). Οι αποθέσεις βέβαια πραγματοποιούνται πάντοτε κατά την κλίση περιπλάνησης. Το επάνω άκρο όμως του δημιουργούμενου ημικώνου προωθείται προς τα κατάντη σχηματίζοντας την κλίση αντιστάθμισης. Συνεπώς, με διαδοχικές αποθέσεις φερτών υλών κατά την κλίση περιπλάνησης EF, BG προς την κατεύθυνση ροής σχηματίζεται τελικά η κλίση αντιστάθμισης BD. Η δεύτερη φάση περατώνεται, όταν η κλίση αυτή τμήσει το επίπεδο του πεδινού χώρου στο σημείο D (Εικόνα 16, 17), οπότε σχηματίζεται μια τρίπλευρη πυραμίδα, της οποίας η άνω ακμή ακολουθεί την κλίση αντιστάθμισης. Οι εικόνες 16,17 δίνουν εκτός από τη μηκοτομή και την κάτοψη της ημιπυραμίδας για την περίπτωση κατακόρυφης και κεκλιμένης εξόδου του χειμαρρικού ρεύματος στην πεδιάδα. Η κλίση αντιστάθμισης στον κώνο πρόσχωσης ονομάζεται συνήθως **κλίση πρόσχωσης ή απόθεσης** για να αντιδιασταλεί από εκείνη την κλίση που χαρακτηρίζει την κατάσταση

στερεομεταφορικής ισορροπίας στις φυσικές κοίτες και σε αποθέσεις πίσω από φράγματα.

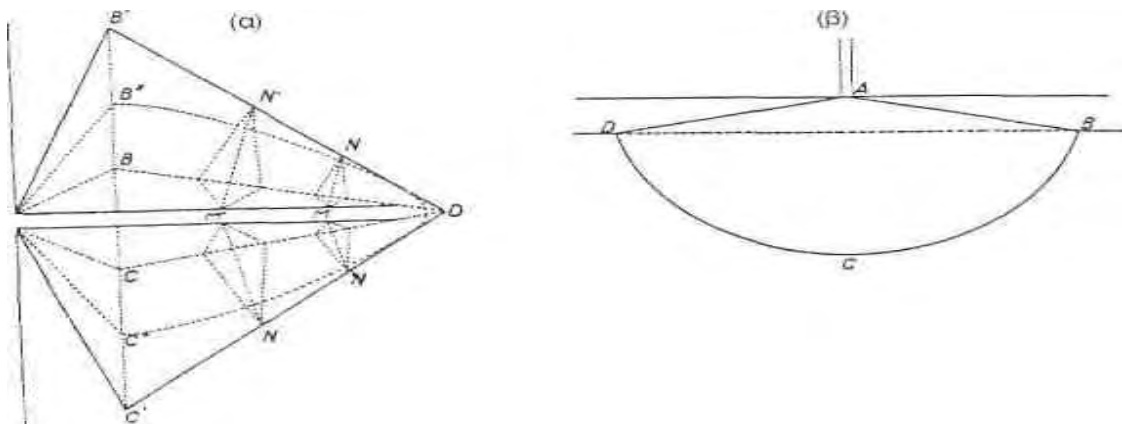
3η φάση: περιφερειακή ανάπτυξη του κώνου πρόσχωσης

Εάν η δράση του χειμαρρικού ρεύματος δεν διακοπεί για οποιονδήποτε λόγο, τότε τα υλικά, τα οποία φθάνουν στο σημείο D, δηλαδή στο σημείο τομής της κλίσης απόθεσης με το φυσικό επίπεδο του χώρου απόθεσης (Εικόνα. 16, 17), δεν μπορούν να μεταφερθούν παρακάτω λόγω μείωσης της συρτικής δύναμης του νερού. Αρχίζει τότε μια σειρά **αναποδοιστικών αποθέσεων** μέσα στην προσωρινή φυσική κοίτη του ρεύματος με αφετηρία την κορυφή του ημικώνου. Αυτές προωθούνται προοδευτικά από το σημείο D προς το σημείο B, δηλαδή προς την έξοδο του ρεύματος στην πεδιάδα. Η πλήρωση όμως αυτή του ρείθρου του χειμαρρικού ρεύματος με φερτές ύλες μειώνει τη διατομή του και αναγκάζει τα νερά να υπερχειλίζουν και να ρέουν στις δύο εκατέρωθεν πλευρές της πυραμίδας BCD. Κατ' αυτό τον τρόπο αρχίζει η δημιουργία νέων, πλευρικών πυραμίδων (Εικόνα. 18.α). Αυτές προωθούνται, όπως και η αρχική, κύρια πυραμίδα, με διαδοχικές κλίσεις περιπλάνησης, οι οποίες δημιουργούν τελικά τη δική τους κλίση απόθεσης. Το μέγεθος τους εξαρτάται από το ύψος της ακμής BD της κύριας πυραμίδας στη θέση του σχηματισμού τους. Από τις δευτερογενείς αυτές πυραμίδες εκπορεύονται συχνά για τους ίδιους λόγους πολλές άλλες μικρότερες, ώστε τελικά να πληρούται ο χώρος γύρω από την κύρια πυραμίδα με φερτές ύλες και οι αποθέσεις να αποκτούν μια περιμετρικά αποστρογγυλωμένη μορφή (Εικόνα. 18.β). Για ορισμένη δε σχέση κλίσης απόθεσης και φυσικών κλίσεων στο χώρο απόθεσης μπορεί να σχηματιστεί περίμετρος κώνου με μορφή

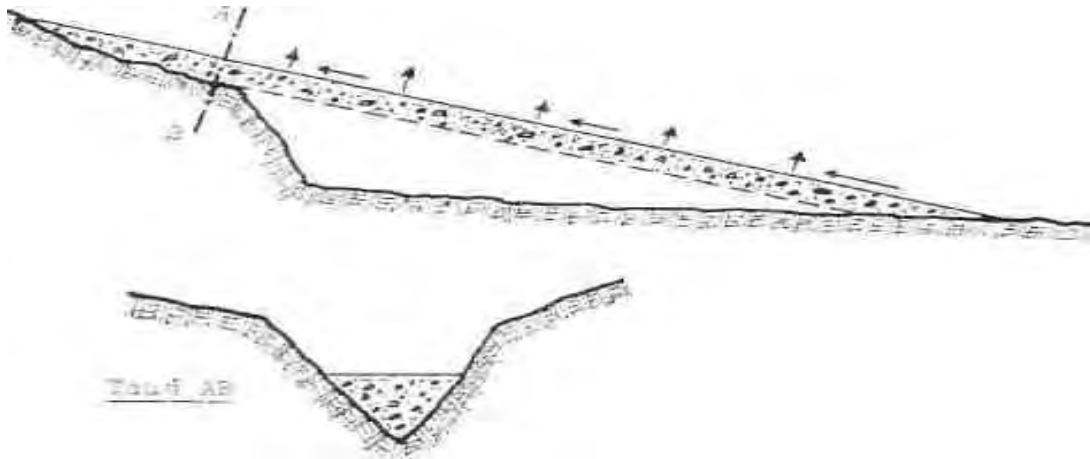
τμήματος κύκλου. Στην περίπτωση κατακόρυφης πτώσης του ρεύματος στο σημείο εξόδου, η περίμετρος διαμορφώνεται ημικυκλική. Η φάση περατώνεται με την πλήρη περιφερειακή ανάπτυξη του χειμάρρου.

4η φάση: διεύρυνση του κώνου πρόσχωσης

Εάν κατά το στάδιο της περιφερειακής ανάπτυξης του ο κώνος δεν έχει φθάσει σε ποταμό, ή ο ποταμός στον οποίο έχει φθάσει δεν διαθέτει ισχυρή συρτική δύναμη, ώστε να μπορεί να μεταφέρει τα υλικά, που του προσάγει το χειμαρρικό ρεύμα, τότε τα φερτά υλικά αρχίζουν να αποθέτονται στο κατώτερο όριο του κώνου πρόσχωσης μέσα στην κοίτη του ρεύματος. Με τον τρόπο αυτό αρχίζει να εξελίσσεται μια αναποδιστική απόθεση, η οποία προκαλεί ανύψωση της κοίτης σ' όλο το μήκος του κώνου πρόσχωσης. Η ανύψωση εισέρχεται προοδευτικά και αναποδιστικά και στην κοίτη εκκένωσης (Εικόνα. 19).



Εικόνα 18: Περιφερειακή ανάπτυξη κώνου προσχώσεως: (α) ανάπτυξη πλευρικών πυραμίδων, (β) περιμετρική αποστρογγύλωση κώνου πρόσχωσης (Hartel, Winter, 1934)



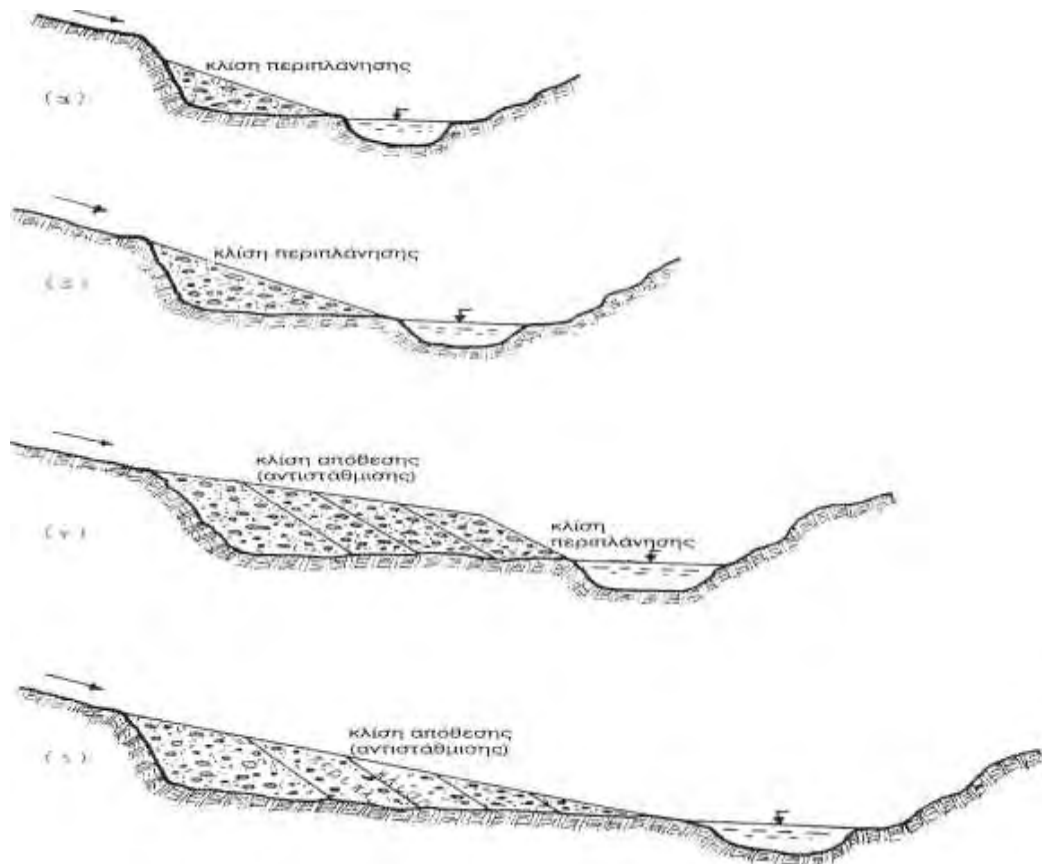
Εικόνα 19: /Αναποδοστικές αποθέσεις κατά το στάδιο της διευρύνσεως του κώνου πρόσχωσης με συνέπεια την ανύψωση της κοίτης

Η παραπάνω εξέλιξη ενός τυπικού κώνου πρόσχωσης σε τέσσερις φάσεις προϋποθέτει αδιατάρακτη δράση του χειμαρρικού ρεύματος και επαρκή έκταση στον πεδινό χώρο για την ανάπτυξη του κώνου, η οποία να μη διαρρέεται από άλλα ρεύματα. Σε περίπτωση όμως, που ο πεδινός χειμαρρικός χώρος διαρρέεται από χειμαρροπόταμο ή ποταμό, ο οποίος διακόπτει τον ρου του ρεύματος και παραλαμβάνει τα ύδατα του, οι συνέπειες είναι οι εξής:

- εάν ο μεγαλύτερος αποδέκτης έχει συρτική δύναμη τόσο, ώστε να μεταφέρει τα προσαγόμενα σ' αυτόν υλικά, η περαιτέρω εξέλιξη του κώνου διακόπτεται, ανεξάρτητα από τη φάση, στην οποία αυτός βρίσκεται (Εικόνα. 20).
- εάν αυτό δεν συμβαίνει, ο κώνος πρόσχωσης εξελίσσεται και προωθείται μέσα στην κοίτη του ποταμού. Τότε, τα ύδατα του ποταμού εξωθούνται προς το απέναντι πρηνές της ποτάμιας κοίτης, υποσκάπτουν τον πόδα του και δημιουργούν νέα κοίτη. Σε περίπτωση που το πρηνές είναι

ανθεκτικό (βραχώδες), ο αναπτυσσόμενος κώνος αποφράσσει την κοίτη, οπότε δημιουργείται φυσική λίμνη.

Γενικά, όσο μεγαλώνει η διαφορά μεταξύ της κλίσης στην κοίτη του χειμάρρου και εκείνης στην πεδινή περιοχή απόθεσης, τόσο σαφέστερος γίνεται ο κώνος πρόσχωσης. Επίσης, όσο αυξάνεται η ένταση της στερεομεταφοράς, τόσο ο κώνος πρόσχωσης καθίσταται αποτομώτερος. Εάν το πεδινό τμήμα είναι οριζόντιο ή σχεδόν οριζόντιο, τα σημεία NN' (Εικόνα. 18.α) βρίσκονται σε μια ευθεία. Εάν, αντίθετα, το πεδινό τμήμα έχει σημαντική κλίση, τα σημεία αυτά σχηματίζουν μια καμπυλοειδή γραμμή. Έτσι προκύπτει η περίμετρος αποθέσεων AB" DC", του ς 18.α, η οποία μάλιστα στο σημείο D παρουσιάζει και μια μικρή αποστρογγύλωση.



Εικόνα 20: Διακοπή ανάπτυξης του κώνου πρόσχωσης χειμαρρικού

ρεύματος σε διάφορα στάδια (α, β, γ, δ) λόγω παρεμβολής κοίτης ποταμού ή χειμαρροπόταμου με μεγάλη συρτική δύναμη.

Κλίσεις των κώνων πρόσχωσης σε ρεύματα με στερεομεταφορά

Η κλίση, με την οποία αποθέτονται τα φερτά υλικά στον κώνο πρόσχωσης των χειμαρρικών ρευμάτων, δηλαδή η κλίση πρόσχωσης ή απόθεσης εξαρτάται από τη χειμαρρικότητα της λεκάνης απορροής του ρεύματος και επηρεάζεται από τη γεωμετρία του χώρου απόθεσης. Γι αυτό και αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος του κώνου.

2.17.2 Κώνοι πρόσχωσης σε ρεύματα με μαζική μεταφορά (χέραδοι)

Στην περίπτωση της μαζικής μεταφοράς φερτών υλών (χειμαρρολά-βες) η ανάπτυξη του κώνου πρόσχωσης ακολουθεί τις εξής φάσεις:

1η φάση: σχηματισμοί του ημικώνου πρόσχωσης

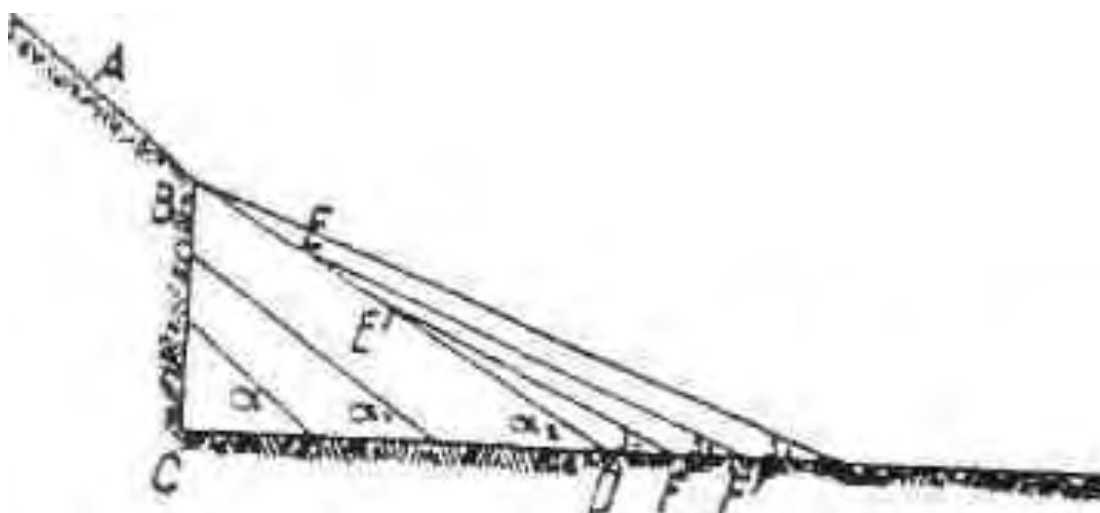
Γίνεται δεκτό, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, ότι ο χέρα-δρος εκχύνεται στα πεδινά από το σημείο Α της κοίτης εκκένωσης υπερπηδώντας την κατάπτωση BC (Εικόνα. 21). Τα υλικά της χειμαρρολάβας εξαπλώνονται στον χώρο γύρω από τον πόδα του όρους, σχηματίζοντας περίπου τη φυσική γωνία κλίσης των αντίστοιχων κορυμάτων τους, όπως σε περίπτωση γεωκατάρευσης. Τα ογκωδέστερα υλικά προηγούνται πάντοτε λόγω της μεγαλύτερης κινητικής ενέργειας, γιαυτό αποτίθενται στα πιο απομακρυσμένα σημεία. Δημιουργείται έτσι ένας ημίκωνος, του οποίου όμως η κλίση α (Εικόνα. 21) συχνά είναι μειωμένη σε σύγκριση με τη φυσική κλίση των

κορυμάτων, λόγω των μετασχηματισμών και των ανακινήσεων. που προκαλούν τα απορρέοντα νερά στα υλικά μετά την απόθεση της λάβας. Νέες λάβες αυξάνουν το ύψος και το πλάτος του ημίκωνου απόθεσης. Όμως οι κλίσεις α_1 , α_2 , α_3 της γενέτειρας των νέων ημικώνων, που σχηματίζονται προοδευτικά, μειώνονται συνεχώς, καθώς η επιφάνεια της πλησιάζει με τα άνω άκρα της το σημείο B της εξόδου του χέραδου από την κοίτη εκκένωσης. Αυτό οφείλεται στο ότι η χειμαρρολάβα, δηλ. τα νερά και τα φερτά υλικά, που πέφτουν από το σημείο B στα πεδινά, κατά την πρόσκρουση τους στις υπάρχουσες αποθέσεις υφίστανται τόσο μικρότερες απώλειες σε ενέργεια, επομένως διατηρούν τόσο μεγαλύτερη συρτική δύναμη, όσο μικρότερο είναι το ύψος πτώσης. Η φάση αυτή περατώνεται, όταν το άνω σημείο της γενέτειρας του ημίκωνου φθάσει στο σημείο B της κοίτης εκκένωσης. Η αποτομότητα στην κλίση των αποθέσεων εξαρτάται από τον τρόπο μεταφοράς της λαβαμάζας. Γενικά, ο κώνος απόθεσης με μαζική μεταφορά αποτελεί από μορφολογική άποψη μια μεταβατική κατάσταση μεταξύ του κώνου πρόσχωσης με ατομική μεταφορά και του αντίστοιχου κώνου των κορημάτων από γεωκατακρημνίσεις (σάρες), ο οποίος οφείλεται στην επενέργεια του βάρους των υλικών και όχι του νερού.

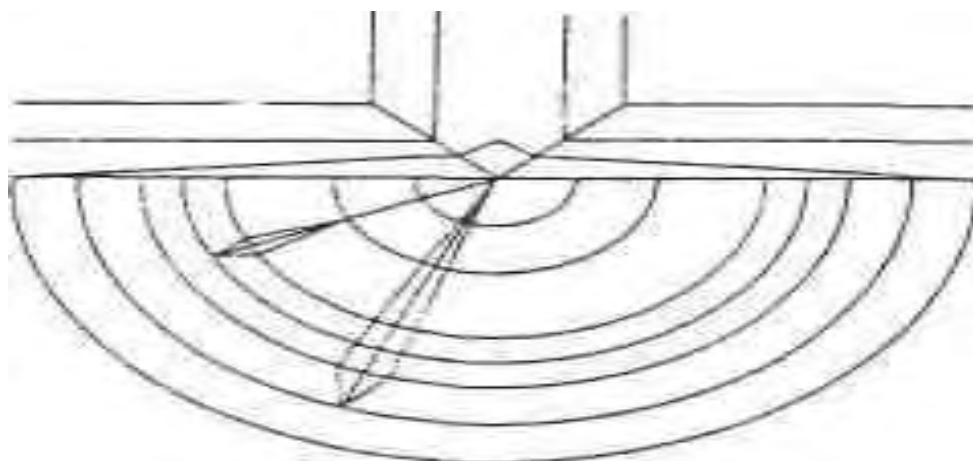
2η φάση: ανάπτυξη του κώνου μεταφοράς

Εάν εξακολουθήσει η μεταφορά λαβαμαζών από το χέραδο, τα υλικά φθάνουν μέχρι του σημείου τμήσεως της πεδιάδας από τη γενέτειρα του ημίκωνου (σημείο D στο εικόνα 21). Εκεί όμως αναγκάζονται σε απόθεση, λόγω μείωσης της φυσικής κλίσης, συνεπώς και της συρτικής δύναμης του νερού. Επακολουθούν αλληπάλληλες, αναποδιστικές αποθέσεις με κλίσεις

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$, οι οποίες μειώνονται προοδευτικά κατά μικρό αλλά σταθερό ποσοστό, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται διαρκώς η μορφή της εξωτερικής επιφάνειας των αποθέσεων. Αυτή η διόγκωση, επομένως και η ανύψωση των αποθέσεων συνεχίζεται, μέχρις ότου το άνω μέρος της επιφάνειας τους φθάσει το κάτω άκρο Β της κοίτης εκκένωσης του χέραδου. Συνεπώς, ο κώνος πρόσχωσης εξελίσσεται ταυτόχρονα τόσο αναποδιστικά, όσο και κατά περιφερειακό τρόπο (Εικόνα. 22). Στην κορυφή του ημίκωνου, δηλαδή περί το σημείο Β, παρουσιάζεται αρχικά μια εναλλαγή μεταξύ αποθέσεων και διαβρώσεων. Αυτό συμβαίνει, επειδή η ανθεκτικότητα των αποθέσεων της μαζικής μεταφοράς είναι μικρότερη εκεί σε σχέση με το μέγεθος της συρτικής δύναμης του πλημμυρικού νερού χωρίς λαβαμεταφορά λόγω των ισχυρών κλίσεων στη θέση αυτή. Για το λόγο αυτό, προκαλούνται τοπικές διαβρώσεις, οι οποίες πάλι εξαφανίζονται με μια νέα λα-βαμεταφορά από τις προκαλούμενες αποθέσεις. Η φάση περατώνεται με την επέκταση των προσχώσεων έως το σημείο Β της κοίτης εκκένωσης και την πλήρη περιφερειακή ανάπτυξη του κώνου.



Εικόνα 21: Σχηματισμός κώνου πρόσχωσης σε ρεύματα με μαζική μεταφορά (Hartel, Winter, 1934)



Εικόνα 22: Ανάπτυξη του κώνου πρόσχωσης σε ρεύμα με μαζική μεταφορά (Hartel, Winter, 1934)

3η φάση: διεύρυνση του κώνου

Μεταφορά νέων λαβαραζών προκαλεί νέες περιφερειακές αποθέσεις, οι οποίες συνεπάγονται διόγκωση του κώνου πρόσχωσης. Τα αποτιθέμενα υλικά προωθούνται αναποδοστικά προς το εσωτερικό της κοίτης εκκένωσης

μειώνοντας ταυτόχρονα τις επικρατούσες κλίσεις στο χώρο απόθεσης τους (Εικόνα. 23). Η απόθεση γίνεται, όπως και στην προηγούμενη φάση. Συχνά όμως μικρές λαβαμάζες δεν κατορθώνουν να φθάσουν μέχρι την εξωτερική περιφέρεια του κώνου πρόσχωσης λόγω της μειωμένης ενέργειας τους, η οποία οφείλεται στις επικρατούσες ήδη αμβλυμένες κλίσεις και στο περιορισμένο μέγεθος των λαβαμαζών. Αποθέτονται λοιπόν στο άνω ήμισυ του κώνου πρόσχωσης. Ταυτόχρονα, τα πλημμυρικά νερά που έπονται της λαβαμάζας, προσβάλλουν τα υλικά αυτά και τα αναμετακινούν, οπότε παρασύρουν και μεταφέρουν τα λεπτοκοκκότερα, τα οποία στη συνέχεια τα αποθέτουν στην περιφέρεια του κώνου πρόσχωσης, δηλ. στα άκρα της βάσης τους. Αυτές όμως οι νέες αποθέσεις γίνονται με πολύ μικρότερες κλίσεις ως προς τις υφιστάμενες, επειδή τα υλικά είναι λεπτόκοκκα (Εικόνα. 23). Δημιουργείται λοιπόν εκεί μια μεταβατική ζώνη από την επιφάνεια του κώνου πρόσχωσης με ισχυρή κλίση προς εκείνη του χώρου απόθεσης. Βέβαια, η απόπλυση των λεπτών υλικών εμφανίζεται σ' όλες τις φάσεις ανάπτυξης, κυριαρχεί όμως ιδιαίτερα στην τελευταία αυτή φάση.



Εικόνα 23: Διεύρυνση του κώνου πρόσχωσης σε ρεύμα με μαζική μεταφορά (Hartel, Winter, 1934)

Όπως και στην περίπτωση της ατομικής μεταφοράς, η ύπαρξη χει-

μαρροπόταμου ή ποταμού στον χώρο ανάπτυξης του κώνου πρόσχωσης του χέραδου μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή της εξέλιξης του κατά ορισμένη φάση, στην μετατόπιση της κοίτης του ποταμού ή στην δημιουργία φυσικής λίμνης.

2.18. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΚΟΙΤΗ ΑΝΑΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΟΙΤΗ ΕΚΒΟΛΗΣ

Κοίτες αναμετακίνησης σχηματίζονται στα χειμαρρικά ρεύματα των λοφωδών και ημιορεινών περιοχών, τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρότερη, λεπτοκοκκώτερη στερεομεταφορά και μικρή διαφορά κλίσεων μεταξύ φυσικής κοίτης και χώρου απόθεσης. Η κοίτη αναμετακίνησης έχει μάλλον ασαφές σχήμα και εκτείνεται σε μεγάλο μήκος στον πεδινό χώρο δράσης των χειμαρρικών ρευμάτων. Η διαμόρφωση της επηρεάζεται σημαντικά από την ανάπτυξη των τοπικών μαιάνδρων. Θεωρείται, ότι ακολουθεί από άποψη εξέλιξης την ίδια διαδικασία με τους κώνους πρόσχωσης, αλλά κατά τρόπο πιο απλοποιημένο.

Στις κοίτες αναμετακίνησης εμφανίζονται όλες οι μορφές εσωτερικών αποθέσεων των κοιτών που αναφέρθηκαν (εσωτερικές εξωλεκάνιες αποθέσεις).

Τέλος, σ' ό,τι αφορά τις κοίτες εκβολής, επειδή σ' αυτές δεν υφίσταται πρακτικά στερεομεταφορά παρά μόνο περιορισμένη αιωρομεταφορά. Άλλωστε ο σχηματισμός των κοιτών εκβολής οφείλεται κυρίως στην δράση του νερού και ιδίως στους μαιανδρισμούς της ροής του. Γενικά, οι κοίτες εκβολής χαρακτηρίζονται από πολύ λεπτόκοκκες εσωτερικές αποθέσεις

(εσωτερικές, εξωλεκάνιες αποθέσεις).

2.19.ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΔΕΛΤΑ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

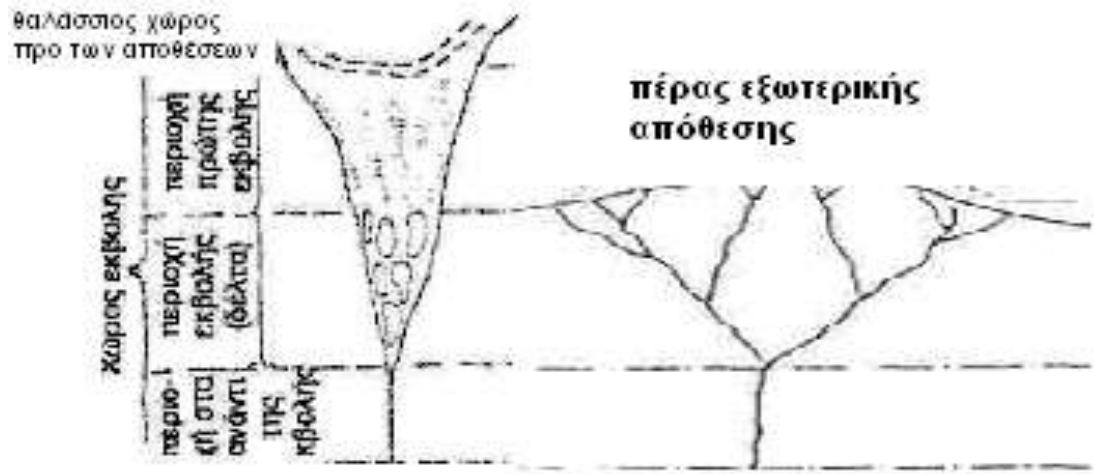
Ως δελταικές αποθέσεις ή δέλτα χαρακτηρίζονται οι αποθέσεις των χειμαρρικών ρευμάτων σε λίμνες και σε θάλασσες. Το όνομα προέρχεται από το γενικό σχήμα των αποθέσεων αυτών, το οποίο μοιάζει με το κεφαλαίο ελληνικό γράμμα Δ. Τις διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων ενδιαφέρει κυρίως το ορατό (επιφανειακό) μέρος των δελταικών αποθέσεων.

Για το σχηματισμό ενός δέλτα απαιτούνται οι εξής προϋποθέσεις (Wilchelmi, 1972):

- ύπαρξη σημαντικής μεταφοράς φερτών υλών από τα ύδατα του ρεύματος στη θέση εκβολής του
- ισχυρά ρεύματα κατά μήκος των ακτών και μεταβολές της στάθμης του νερού (παλίρροια) εμποδίζουν ή καθυστερούν το σχηματισμό του δέλτα
- σε βυθιζόμενες ακτές σχηματίζονται δέλτα μόνο, όταν το ποσοστό βύθισης του χώρου ισοσκελίζεται ή υπερκαλύπτεται από εκείνο των προσχώσεων του ρεύματος
- η αύξηση του δέλτα ευνοείται ιδιαίτερα, όταν θάλασσες με ήπιες διακυμάνσεις συνορεύουν με τεκτονικά σταθερές, επιπεδόμορφες ακτές.

Υπάρχουν δύο κύριες μορφές των δέλτα, που δίνονται στο επόμενο εικόνα 24. Εξάλλου κάθε δέλτα διαμορφώνεται με την επίδραση τόσο ποτάμιων, όσο και θαλάσσιων (ή λιμναίων) συνθηκών. Ο Samojlov (1956) υποδιακρίνει τις παραπάνω κύριες μορφές των δέλτα σε τρεις ζώνες ανάλογα με το εάν προέχει η θαλάσσια (ή λιμναία) ή η ποτάμια διαμόρφωση τους, ως εξής

(εικόνα 24):



Εικόνα 24: Οι κύριες μορφές των δέλτα και η διάρθρωση της.

- την περιοχή ποτάμιας διαμόρφωσης,
- την περιοχή των εκβολών και
- την περιοχή κατάντη των εκβολών ή της θαλάσσιας (λιμναίας) διαμόρφωσης.

Η περιοχή της ποτάμιας διαμόρφωσης αρχίζει από τη θέση διεύρυνσης του ρεύματος κοντά στις ακτές, όπου παύει η επίδραση των διακυμάνσεων της θαλάσσιας ή λιμναίας στάθμης στη μέση στάθμη ροής του ύδατος. Σε μερικά ρεύματα με πολύ ταχεία ροή λείπει η περιοχή αυτή, η δε επίδραση της θάλασσας ή λίμνης περιορίζεται μόνο στη θέση εκβολής του.

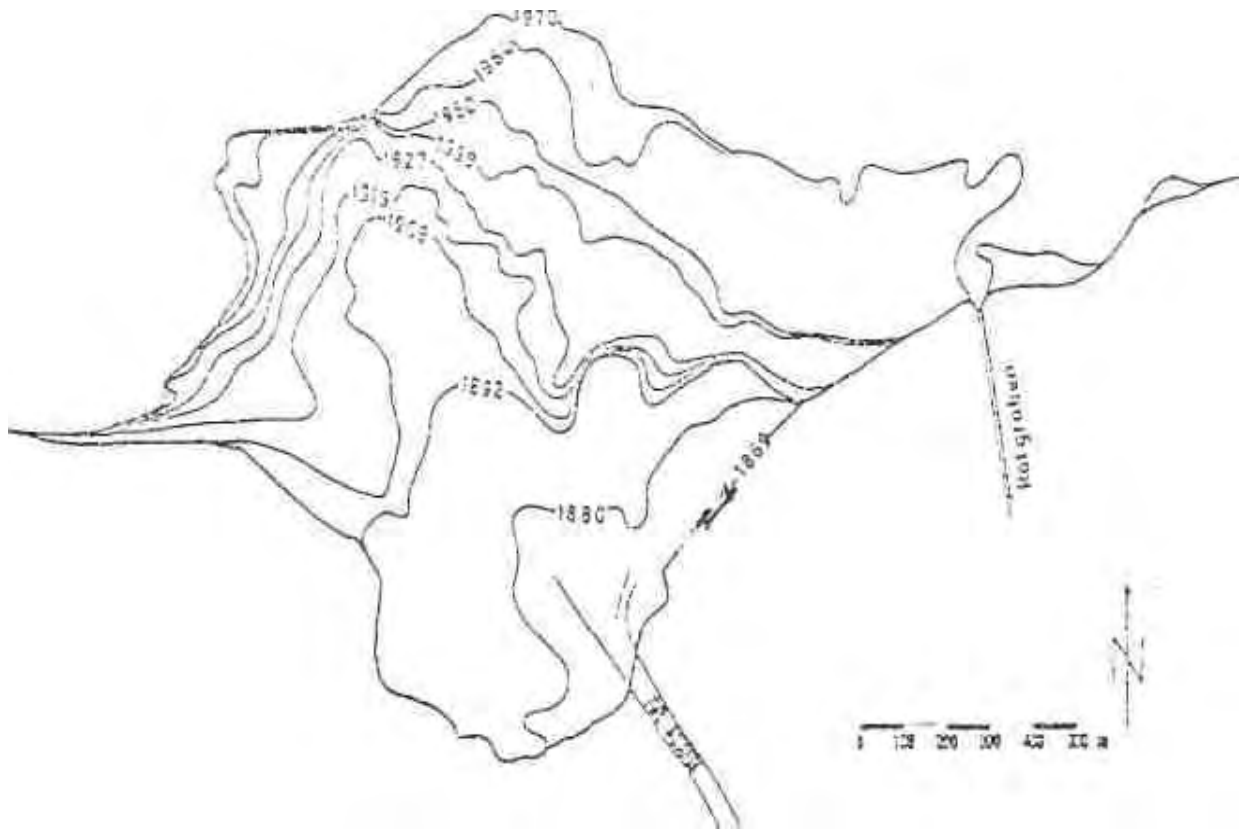
Η περιοχή της εκβολής περιλαμβάνει το κύριο, χοανοειδές τμήμα της εκβολής. Αρχίζει από τη θέση, όπου το ρεύμα διαιρείται σε πολλούς βραχίονες. Σε ρεύματα με ένα βραχίονα θεωρείται, ότι αρχίζει από εκεί, όπου εμφανίζεται η διαμόρφωση μιας διεύρυνσης με μορφή δέλτα, ο χώρος της οποίας χαρακτηρίζεται από προεξοχές και διαβαθύνσεις. Η περιοχή κατα-

λήγει σε μια οριακή γραμμή ξηράς-θάλασσας (λίμνης) κατά κανόνα καμπυλόμορφη, που συνδέει όλα τα στόμια εκβολής του ρεύματος στη θάλασσα (λίμνη). Στην περίπτωση, που οι υπερθαλάσσιες (υπερλίμνιες) αποθέσεις διαχωρίζονται από τις υποθαλάσσιες (υπολίμνιες) με μια διακοπή (αλλαγή) της κλίσης στην επιφάνεια απόθεσης των υλικών, τα σημεία διακοπής (αλλαγής) θεωρούνται και πέρας της περιοχής. Αλλιώς, η περιοχή θεωρείται, ότι επεκτείνεται και μέσα στη θάλασσα (λίμνη) έως εκεί, όπου φθάνει η επίδραση των πλημμυρικών παροχών του ρεύματος.

Η περιοχή κατάντη της εκβολής περιλαμβάνει τις υποθαλάσσιες (υπολίμνιες) αποθέσεις των ποταμών.

Γενικά, η ταχύτητα προώθησης του δέλτα προς το εσωτερικό της θάλασσας ή λίμνης εξαρτάται από τη στερεομεταφορά του ρεύματος.

Ως τυπικό παράδειγμα προώθησης δελταϊκών προσχώσεων σε φυσική λίμνη αποτελεί το δέλτα του Ρήνου στη λίμνη της Κωσταντίας (Bodense), (πίνακας 3). Η δε εικόνα 25 δείχνει την προώθηση του δέλτα του ποταμού Achen στη βαυαρική λίμνη Chiemsee.



Εικόνα25: Προώθηση του δέλτα του ποταμού Achen στη λίμνη Chiemsee.

Από το 1869 ως το 1970

Η ταχύτητα εξέλιξης των δέλτα είναι ανάλογη προς τη χειμαρρικότητα του ρεύματος, δηλ. προς τον όγκο των μεταφερόμενων υλικών (πίνακας 3). Συχνά η ταχύτητα εξέλιξης αποκτά σημαντικό μέγεθος, όπως προκύπτει από τον πίνακα 4, ο οποίος παρέχει την ανάπτυξη των δέλτα διαφόρων ελλαδικών χειμαρρικών ρευμάτων, που εκχύνονται σε λίμνη ή στη θάλασσα.

Πίνακας 3

Ταχύτητα προώθησης των προσχώσεων του ποταμού Ρήνου (μαζί με το χείμαρρο Aach) στην λίμνη της Κωσταντσας (Bodense)

Έτη παρατήρησης	Επιφάνεια δέλτα (Ha)	Θέση της κορυφής του δέλτα (Km κατά τον άξονα ποταμού)
1912	0,4	90,15
1920	20,0	90,35
1930	45,0	90,67
1940	120,0	90,90
1950	147,0	90,98
1960	175,0	91,25
1962	175,0	91,40

Πίνακας 4

Ταχύτητες ανάπτυξης των δέλτα διαφόρων χειμαρρικών ρευμάτων του ελλαδικού χώρου που εκχύνονται σε λίμνη ή στη θάλασσα

	Έκταση ορεινής	Μέση ταχύτητα
Χειμαρρικό ρεύμα	λεκάνης	ανάπτυξης
	(Km ²)	(m/έτος)
Κόσυνθος(Ξάνθη)	242,00	61,0
Πολύανθος(Ροδόπη)	552,50	62,0
Τραύος(Ροδόπη)	18,45	8,7
Νέστος	5550,00	80,0
Αξιός	23747,00	182,0
Αλιάκμονας	7312,00	150,0
Σπερχειός	1227,60	51,0

Ξηροπόταμος (Καστοριά)	104,12	16,70
------------------------	--------	-------

2.20. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ Ή ΠΡΟΣΧΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΑΝΑΝΤΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

2.20.1. Προσχώσεις στα φράγματα διευθέτησης των κοιτών

Κατά τη διευθέτηση των χειμαρρικών ρευμάτων επιδιώκεται μεταξύ των άλλων στερέωση της κοίτης και η συγκράτηση των φερτών υλών. Τα φράγματα που ιδρύονται για το σκοπό αυτό, επιδιώκουν το σχηματισμό της κλίσης αντιστάθμισης ή ισορροπίας στις κοίτες των ρευμάτων μετά την πρόσχωση τους από τις φερτές ύλες. Συνεπώς, οι προσχώσεις των φραγμάτων αυτών είναι επιθυμητές.

Το μέγεθος του χώρου απόθεσης που σχηματίζεται, άρα και ο όγκος των φερτών υλών, που αποτίθεται πίσω από τέτοια φράγματα, καθορίζονται από τη θέση και το ύψος του φράγματος, από τη μορφολογία του πυθμένο και των πρανών της κοίτης και από την κλίση αντιστάθμισης ή ισορροπίας με αφετηρία την στέψη του φράγματος.

Η εξέλιξη της πρόσχωσης στα ανάντη των χειμαρρικών φραγμάτων έχει, ως εξής:

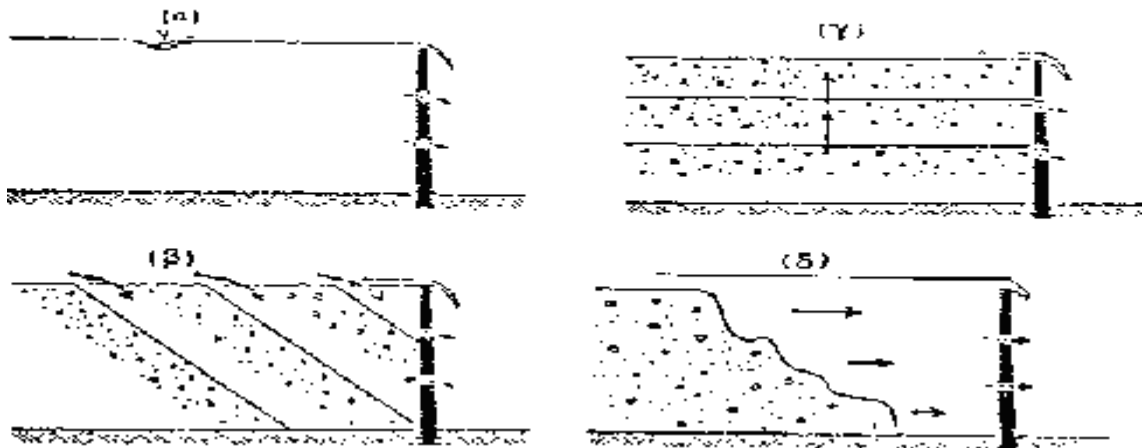
α. Περίπτωση ατομικής μεταφοράς υλικών

Οι αποθέσεις των φερτών υλών της στερεομεταφοράς σχηματίζονται αρχικά στα υψηλότερα μέρη της πρόσχωσης και στη συνέχεια προωθούνται προοδευτικά προς τα κατόντη. Η επιφάνεια της πρόσχωσης, η οποία δια-

μορφώνεται στο ύψος της στάθμης του νερού που απορρέει, σχηματίζει την κλίση αντιστάθμισης, ενώ το μέτωπο προώθησης της, το οποίο δημιουργείται μέσα στο νερό, έχει τη φυσική κλίση απόθεσης των υλικών εντός ύδατος. Η προώθηση της πρόσχωσης γίνεται σταδιακά με τη μετατόπιση του μετώπου πρόσχωσης μέχρι το ύψος της στέψης του φράγματος σχηματίζοντας ταυτόχρονα στην προσχωσιγενή επιφάνεια την κλίση αντιστάθμισης (Εικόνα. 26α, β). Συγχρόνως, τα λεπτόκοκκα υλικά της αιωρομεταφοράς αποτίθενται στον κενό χώρο που δημιουργείται μεταξύ του μετώπου της στερεομεταφοράς και του φράγματος. Επειδή όμως ο όγκος των αποθέσεων τους είναι πολύ μικρός σε σχέση με τον όγκο της στερεομεταφοράς, δεν προκαλούνται μορφολογικοί μετασχηματισμοί.

β. Περίπτωση μαζικής μεταφοράς υλικών

Εάν η λαβαμάζα κινείται αργά, τότε η πρόσχωση γίνεται κατά μήκος ολόκληρου του πυθμένα υπό μορφή ενιαίου στρώματος. Τα στρώματα των λαβαμαζών, αλληλεπιτίθενται διαδοχικά και δημιουργούν τελικά την πλήρη πρόσχωση του χώρου (Εικόνα. 26.γ). Εάν αντίθετα, η κίνηση της λαβαμάζας γίνεται ταχέως, ο δε όγκος της είναι σημαντικός, τότε το ογκώδες μέτωπο της πρόσχωσης με την ακανόνιστη διαμόρφωση του κινείται μέσα στον χώρο απόθεσης, τον πληρεί (ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας μόνο λαβαμεταφοράς), η δε περίσσεια του συχνά υπερπηδά το φράγμα προξενώντας σ' αυτό καταστροφές ή ανατρέποντας το (Εικόνα. 26.γ).



Εικόνα 26: Εξέλιξη της πρόσχωσης στα ανάντη χειμαρρικού φράγματος:
 α. φράγμα πλήρες νερού, β. πρόσχωση λόγω στερεομεταφοράς, γ. και δ.
 πρόσχωση λόγω μαζικής μεταφοράς με βραδεία και με ταχεία κίνηση
 χειμαρρολάβας αντίστοιχα (Zeller, 1965)

2.21. ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΣΕ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ (ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ)

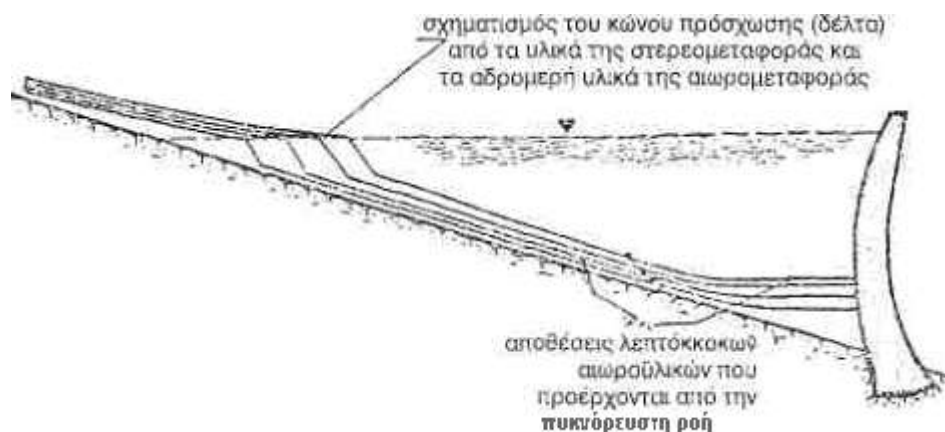
2.21.1 Εξέλιξη των αποθέσεων στις τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες)

Στο σημείο εισόδου των ρευμάτων στις τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες), που δημιουργούνται με την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων (υδροηλεκτρικών, αρδευτικών, υδρευτικών, ρυθμιστικών, κλπ.) η ροή αρχίζει να εξαπλώνεται σε χώρο ευρύτερο της φυσικής κοίτης, οπότε μειώνεται η συρτική δύναμη του νερού, με αποτέλεσμα να αναγκάζονται σε απόθεση τα μεταφερόμενα υλικά. Τα χονδρά υλικά, δηλ. το στερεοφορτίο του ρεύματος και οι αδρομερείς ύλες του αιωροφορτίου του αποθέτονται στην εκβολή του ρεύματος στην τεχνητή λίμνη σχηματίζοντας ένα είδος κώνου πρόσχωσης, το γνωστό δέλτα. Τα

πολύ λεπτά αιωροϋλικά μεταφέρονται στο εσωτερικό της λίμνης και αποθέτονται σ' όλο το λιμναίο χώρο, κυρίως όμως συγκεντρώνονται στα τμήματα της λίμνης με μικρή ροή νερού. Όταν η αιωρομεταφορά είναι πολύ έντονη, η δε ροή του νερού είναι ταχεία και σημαντική σε όγκο, το σύνολο του αιωροφορτίου υπερπηδά τη δελταϊκή περιοχή, βυθίζεται στο εσωτερικό της λίμνης και σχηματίζει στον πυθμένα της ένα πυκνόρρευστο (θολό) ρεύμα, που κινείται μέχρι τα βαθύτερα σημεία της λίμνης, τα οποία και γεμίζει με λεπτόκκοκα αιωροϋλικά. Η εικόνα 27 δείχνει την πορεία των αποθέσεων σε επιμήκη, τεχνητή δεξαμενή με σταθερή στάθμη νερού.

-

Σε περίπτωση δε που η στάθμη του ταμιευτήρα παρουσιάζει διακυμάνσεις, η διαμόρφωση του κώνου διαταράσσεται λόγω της συνεχούς μεταβολής της αφετηρίας πρόσχωσης.



Εικόνα 27: Πορεία των αποθέσεων τεχνητής δεξαμενής (τομή). Τα συρόμενα υλικά και τα χονδρά αιωρήματα σχηματίζουν τις δελταϊκές αποθέσεις, ενώ τα λεπτά αιωρήματα αποθέτονται σ' όλο το μήκος του πυθμένα ή γεμίζουν ως πυκνόρρευστο ρεύμα κατά την πορεία του νερού ακόμη και τα βαθύτερα σημεία προ

του φράγματος (Vischer, 1981)

Η προοδευτική προώθηση των αποθέσεων στο χώρο του ταμιευτήρα έχει ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση των αδρομερών δελταϊκών αποθέσεων στο εσωτερικό του και ταυτόχρονα την ανύψωση της κοίτης του ρεύματος προς τα ανάντη, με συνέπεια να μειώνεται προοδευτικά η χωρητικότητα του ταμιευτήρα μέχρι πλήρους μηδενισμού, δηλ. μέχρι πλήρους πρόσχωσης και να προκαλούνται πλημμυρικές καταστροφές στην περιοχή των εκβολών του ρεύματος.

2.22 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ, ΑΠΕΡΗΜΩΣΗ

2.22.1. Ορισμοί

Η δημιουργία χειμαρρικών φαινομένων στις ορεινές λεκάνες των χειμαρρικών ρευμάτων έχει ως συνέπεια την παραγωγή φερτών υλικών.

Τα υλικά που παράγονται από τις διαβρώσεις μεταφέρονται από τα ρέοντα ύδατα που τις προκαλούν και αποθέτονται εκτός του τόπου παραγωγής τους, κατά κανόνα σε απομακρυσμένες περιοχές, οι οποίες βρίσκονται εκτός των ορεινών λεκανών απορροής. Τα υλικά που παράγονται από τις αποσαθρώσεις, τις γεωκατακρημνίσεις και τις γεωλισθήσεις, υφίστανται τοπικές μόνο μετακινήσεις. Κατά κανόνα παραμένουν συσσωρευμένα κοντά στους τόπους παραγωγής τους εντός των ορεινών λεκανών. Στη συνέχεια όμως τα απορρέοντα ύδατα διαβρώνουν τα προϊόντα των αποσαθρώσεων, γεωκατακρημνίσεων, γεωλισθήσεων και τα μεταφέρουν ολικώς ή μερικώς

εκτός των ορεινών λεκανών. Για το λόγο αυτό η διάβρωση, υπό την ευρεία έννοια της αποτελεί το *κύριο* χειμαρρικό φαινόμενο που παρασύρει και μεταφέρει φερτά υλικά από τις ορεινές λεκάνες των χειμαρρικών ρευμάτων, τα οποία αποθέτει εκτός αυτών. Μάλιστα δε σε γεωργικά καλλιεργούμενες, ορεινές λεκάνες η διάβρωση αποτελεί συνήθως και το *μόνο* χειμαρρικό φαινόμενο που σχηματίζεται.

Με βάση τα παραπάνω δίνονται οι εξής ορισμοί.

Ως **γενική διάβρωση** ή απλώς **διάβρωση** (υπό ευρεία έννοια) ορεινής λεκάνης απορροής ή μιας έκτασης χαρακτηρίζεται η διαδικασία της απαγωγής από τα όμβρια ύδατα στερεών υλικών που έχουν παραχθεί με οποιονδήποτε τρόπο (δηλ. με τη δράση κάθε χειμαρρικού φαινομένου) στην επιφάνεια τους, της μεταφοράς και της απόθεσης των υλικών αυτών εκτός της λεκάνης ή της έκτασης. Το μέγεθος της γενικής διάβρωσης εκφράζεται με την απαγόμενη, *λυτή (μη συμπαγή)* ποσότητα φερτών υλών σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Συνήθως δίνεται σε t/έτος ή $\text{m}^3/\text{έτος}$ ή και σε $\text{m}^3/\text{Km}^2, \text{έτος}$.

Υποβάθμιση ορεινής λεκάνης ή μιας επιφάνειας είναι το ιδεατό, ισόπαχο, *συμπαγές (μη λυτό)* γεώστρωμα, που λόγω της γενικής διάβρωσης αποσπάται από την επιφάνεια της ορεινής λεκάνης ή μιας έκτασης και μεταφέρεται προς τα κατόντη με τη μορφή φερτών υλικών. Συνεπώς, η υποβάθμιση είναι το αποτέλεσμα της γενικής διάβρωσης. Εκφράζεται με το μέγεθος του απαγόμενου, ισόπαχου, συμπαγούς γεωστρώματος, το οποίο δίνεται είτε ως πάχος (ύψος) γεωστρώματος ($\text{mm}/\text{έτος}$), είτε ως όγκος (ή βάρος) ανά μονάδα έκτασης ($(\text{m}^3/\text{Km}^2, \text{έτος}$ ή $\text{t}/\text{Km}^2, \text{έτος}$).

Διακίνηση φερτών υλών είναι η διαδικασία της παραγωγής, της μεταφοράς

και της απόθεσης φερτών υλικών στο χώρο των χειμαρρικών ρευμάτων ή σε μια έκταση.

Εφόσον η γενική διάβρωση των ορεινών λεκανών αναφέρεται στην ποσότητα ή στο βάρος φερτών υλών, που μεταφέρονται και αποθέτονται από τα ρέοντα ύδατα εκτός της λεκάνης, δεν συμπεριλαμβάνει τις ενδιάμεσες αποθέσεις φερτών υλών που συμβαίνουν σε κατάλληλες θέσεις του υδρογραφικού δικτύου εντός των λεκανών. Αντίθετα, η υποβάθμιση, η οποία εκφράζει το μέγεθος του ομοιόμορφου στρώματος (όγκος ή βάρος συμπαγούς ύλης) που αποσπάται από την επιφάνεια της ορεινής λεκάνης και παράγει φερτά υλικά, συμπεριλαμβάνει το σύνολο των παραγόμενων υλικών άρα και τις ενδιάμεσες αποθέσεις. Άρα, στις μικρές ορεινές λεκάνες, στις οποίες ελαχιστοποιούνται κατά κανόνα οι ενδιάμεσες αποθέσεις, ταυτίζεται πρακτικά το μέγεθος της γενικής διάβρωσης με εκείνο της υποβάθμισης.

Το *ειδικό βάρος των αποθέσεων (λυτά υλικά)* είναι μικρότερο (π.χ. κατά το ήμισυ) του ειδικού βάρους του μητρικού πετρώματος στην ορεινή λεκάνη απορροής του ρεύματος (περίπτωση συμπαγούς βράχου) λόγω του σημαντικά πορώδους που σχηματίζουν τα αποτιθέμενα υλικά. Εάν πρόκειται για μαλακά, τριτογενή πετρώματα, η σχέση των ειδικών βαρών πετρώματος και αποθέσεων μπορεί να είναι μικρότερη του 2 με διακύμανση ανάλογη προς το ειδικό βάρος του πετρώματος.

2.23. ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ

Η διάβρωση των ορεινών λεκανών, συνεπώς και η υποβάθμιση την οποία

αυτή συνεπάγεται, αποτελούν σπουδαίο μορφογενετικό παράγοντα στην επιφάνεια της Γης.

Από την άποψη αυτή, η γενική διάβρωση και η υποβάθμιση των ορεινών λεκανών διακρίνονται σε κανονική ή γεωλογική και σε ακανόνιστη ή επιταχυνόμενη διάβρωση ή υποβάθμιση (η αναφορά γίνεται παίρνοντας υπόψη εκτεταμένες επιφάνειες), ως εξής:

Κανονική ή γεωλογική διάβρωση ή υποβάθμιση (normal erosion, geological erosion) είναι η διηνεκής γεωλογική εξεργασία των εξάρσεων της Γης, όταν αυτές βρίσκονται υπό **αδιατάρακτο** φυσικό περιβάλλον, δηλαδή όταν το έδαφος και η φυσική βλάστηση δεν έχουν υποστεί ανθρωπογενείς καταστροφές ή αλλοιώσεις. Η γενική διάβρωση ή η υποβάθμιση του είδους αυτού προχωρεί με πολύ βραδύ ρυθμό, ιδίως στις περιοχές, που καλύπτονται από κανονικά, συνηρεφή δάση και συνεπάγεται την παράσυρση λεπτόκοκκου κυρίως υλικού (αιωροϋλικού) και μάλιστα σε κατάσταση διάλυσης. Ποικίλλει στα διάφορα κλίματα. Π.χ. είναι ιδιαίτερα ταχεία και γι αυτό θεαματική στις ημίξηρες περιοχές, όπου σπανίζει η βλάστηση. Γενικά, η κανονική διάβρωση (υποβάθμιση) δεν θεωρείται επιζήμια από πρακτική άποψη.

Ακανόνιστη ή επιταχυνόμενη διάβρωση ή υποβάθμιση (accelerated erosion) είναι η εξεργασία των γήινων εξάρσεων υπό **διαταραγμένο** φυσικό περιβάλλον, δηλ. όπου η βλάστηση και το έδαφος έχουν υποστεί έντονη ανθρωπογενή επίδραση, όπως πυρκαγιές, βοσκή, λαθροϋλοτομίες, εκχερσώσεις κλπ. Ο βαθμός της διαταραχής αντικατοπτρίζει συνήθως και το

βαθμό επιτάχυνσης της διάβρωσης. Η αποτροπή της αποτελεί έναν από τους *κύριους σκοπούς* κατά τις διευθετήσεις των χειμαρρικών ρευμάτων.

Η διάκριση της γενικής διάβρωσης (υποβάθμισης) σε κανονική και επιταχυνόμενη γίνεται με γεωμορφολογικά κριτήρια, συνεπώς αφορά *ευρείες* εκτάσεις και αναφέρεται κυρίως σε **εκτατικά χειμαρρικά φαινόμενα** (επιφανειακή, αυλακωτή, μικρή χαραδρωτική διάβρωση, επιπόλαιες γεωλυσθήσεις κλπ.), τα οποία μπορούν να αποτραπούν με την παρουσία ή την ίδρυση δάσους. Δεν αναφέρεται στα **εντατικά φαινόμενα** (χαραδρωτική, φαραγγωτή, πρηνική διάβρωση), τα οποία δεν επηρεάζονται από την ύπαρξη δάσους. Συνεπώς, στους χείμαρρους των πολύ ορεινών και των αλπικών περιοχών με αδιατάρακτο φυσικό περιβάλλον, οι οποίοι θεωρούνται, ότι υπάγονται στην κατηγορία της κανονικής διάβρωσης, μπορούν να αναπτύσσονται βλαπτικά, εντατικά χειμαρρικά φαινόμενα παρά την παρουσία του δάσους, τα οποία να παράγουν άφθονα φερτά υλικά.

Η επιταχυνόμενη διάβρωση είναι πάντοτε ταχύτερη της αντίστοιχης κανονικής για την αυτή περιοχή. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις ιδίως στην περίπτωση σύγκρισης διαβρώσεων σε διαφορετικές περιοχές. Π.χ. στις ημίξηρες περιοχές η κανονική διάβρωση μπορεί να είναι ταχύτερη από την επιταχυνόμενη διάβρωση των υγρών, δασοβριθών περιοχών.

Γίνεται δεκτό, ότι κατά την κανονική διάβρωση απομακρύνονται από τις διαβρωμένες περιοχές σε ετήσια βάση ποσότητες εδάφους που ανέρχονται σε 25 - 50 Kg/στρέμμα (250-500 Kg/εκτάριο). Δηλαδή, θεωρείται, ότι υπό συνθήκες κανονικής διάβρωσης το στρώμα εδάφους που απάγεται ετησίως από τη διάβρωση σε μια έκταση, είναι μεγαλύτερο απ' αυτό που σχηματίζεται

λόγω της φυσικής αποσάθρωσης του μητρικού πετρώματος. Συνεπώς, η κανονική διάβρωση είναι *αβλαβής*. Εάν όμως το ετησίως αποπλυνόμενο στρώμα εδάφους είναι μεγαλύτερο από αυτό που σχηματίζεται με φυσικό τρόπο, τότε η διάβρωση θεωρείται βλαπτική και χαρακτηρίζεται ως επιταχυνόμενη.

2.24. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ως σύστημα γενικής διάβρωσης ή υποβάθμισης του γεωϋποθέματος χαρακτηρίζεται ο συνδυασμός των χειμαρρικών φαινομένων που επικρατεί σε μια ευρεία περιοχή και οι συνέπειες της.

Τα συστήματα διάβρωσης εμφανίζουν μια γενική γεωγραφική κατανομή. Στη συνέχεια δίνεται σύντομη περιγραφή των κύριων γεωγραφικών συστημάτων διάβρωσης στο Βόρειο Ημισφαίριο.

Παγετωνικό σύστημα διάβρωσης

Η διάβρωση προκαλείται κυρίως από την κίνηση του ύδατος υπό στερεά μορφή. Πρόκειται για τη βραδύτατη κίνηση των παγετώνων προς τα κατόντη, κατά την οποία η παγετωνική μάζα διαβρώνει (με την τριβή που προκαλεί) τον πυθμένα και τα πρηνή της παγετωνικής κοίτης και αποσπά λίθους και γεωυλικά. Από την απόθεση των προϊόντων της παγετωνικής διάβρωσης προκύπτουν σχηματισμοί γνωστοί ως *μορένες*. Οι μορένες που σχηματίζονται από τα υλικά της κεφαλής (μέτωπο) των παγετώνων συγκροτούνται από χονδρά υλικά. Αντίθετα, οι μορένες που προέρχονται από

τα υλικά του κορμού του κινούμενου παγετώνα, εμφανίζουν ποικιλία μεγεθών (από ιλύ έως κροκάλες). Χαρακτηριστικό των μορενών είναι, ότι η απόθεση των υλικών τους γίνεται χωρίς διαλογή. Το σύστημα εμφανίζει σχετικά σαφή γεωγραφική εξάπλωση, δηλ. είναι σαφώς *ζωνικό*.

Παραπαγετωνικό σύστημα διάβρωσης

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η εμφάνιση παγετών κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους, οι οποίοι οδηγούν σε εναλλασσόμενες πήξεις και τήξεις του ύδατος. Τη δράση του συστήματος επηρεάζουν η ένταση και διάρκεια του παγετού και η συχνότητα (αριθμός) των εναλλαγών τήξης - πήξης. Μεγάλης έντασης παγετός ευνοεί την αποσύνθεση πετρωμάτων χωρίς σχισμές και πυκνές διακλάσεις και οδηγεί σε εκτεταμένη αποσάθρωση πετρωμάτων στις υψηλές, ορεινές ζώνες. Μεγάλης διάρκειας παγετός ευνοεί την αποσάθρωση σε πετρώματα με πολλές και σχετικά μεγάλες σχισμές. Η συχνή επανάληψη της τήξης και πήξης του νερού επηρεάζει τα αμμώδη στρώματα. Ιδίως προκαλεί μετατοπίσεις εδαφικού υλικού, διότι η πήξη συνεπάγεται διέγερση του εδάφους, η δε τήξη οδηγεί στον σχηματισμό πολτώδους εδαφορροής προς τα κατόντη, όταν η κλίση του εδάφους είναι ευνοϊκή. Ειδικά στις μεσογειακές οροσειρές, όπου οι παγετοί είναι λιγότερο έντονοι, το σύστημα δρα κυρίως με τη μεγάλη συχνότητα επανάληψης της εξής διαδοχής: παγετοί κατά τη νύκτα -υψηλές θερμοκρασίες κατά την ημέρα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται έντονες αποσαθρώσεις. Το σύστημα εμφανίζεται κυρίως περί τη ζώνη των παγετώ-

νων και των πολικών πάγων. Επεκτείνεται όμως και στην υψηλή ορεινή, μεσογειακή περιοχή. Για το λόγο αυτό δεν θεωρείται, ότι έχει σαφή γεωγραφική εξάπλωση, (μη αξονικό).

Σύστημα διάβρωσης της εύκρατης ζώνης.

Κύριο γνώρισμα του συστήματος είναι η δράση του ύδατος υπό υγρή μορφή. Αυτό οδηγεί κυρίως στην ανάπτυξη εντατικών χειμαρρικών φαινομένων (χαραδρωτική, φαραγγωτή, πρανική διάβρωση, γεωλισθήσεις, γεωκατακρημνίσεις). Εμφανίζει επίσης και μηχανική όσο και χημική αποσάθρωση. Το σύστημα υποδιαιρείται (στην βόρεια εύκρατη ζώνη, που μας ενδιαφέρει περισσότερο) σε δύο υποσυστήματα, ως εξής:

το **ωκεάνιο** υποσύστημα, το οποίο απαντάται στην Δυτική Ευρώπη και στην Πολωνία. Σ' αυτό επικρατεί η χημική και βιοχημική αποσάθρωση, ενώ η μηχανική παραμένει περιορισμένη και

το **ηπειρωτικό** υποσύστημα, το οποίο εμφανίζει έντονες αντιθέσεις. Επικρατεί η μηχανική αποσάθρωση. Η καταστροφή των δασών και γενικά του φυσικού φυτοκαλύμματος συνεπάγεται την ανάπτυξη επιταχυνόμενης διάβρωσης, η οποία οδηγεί κατά κανόνα στον πολλαπλασιασμό των χειμαρρικών φαινομένων σε αριθμό και ένταση. Το σύστημα εμφανίζει γενικά ζωνικό χαρακτήρα.

Σύστημα διάβρωσης της παραμεσόγειας ζώνης

Το σύστημα χαρακτηρίζεται από φαινόμενα που οφείλονται σε επιφανειακές και αξονικές διαβρώσεις και σε μηχανικές αποσαθρώσεις, ανάλογα με τη βροχερότητα της κάθε περιοχής. Προς τα βόρεια και τα υψηλά της παραμεσόγειας περιοχής το σύστημα προσεγγίζει περισσότερο προς το

προηγούμενο σύστημα της εύκρατης ζώνης, ενώ προς τα νότια και τα πεδινά αποκλίνει προς εκείνο των ερημικών και ημιερημικών περιοχών. Γι αυτό, θεωρείται συχνά ως σύστημα *μεταβατικό* από την εύκρατη προς την ημιερημική ζώνη. Γνώρισμα του συστήματος είναι η εκτεταμένη καταστροφή του φυσικού φυτοκαλύμματος και ιδίως των δασών από τον άνθρωπο.

Σύστημα διάβρωσης ερημικών και ημιερημικών περιοχών

Λόγω της έλλειψης επαρκών βροχοπτώσεων κύριο γνώρισμα του συστήματος είναι η κυριαρχία των αποσαθρώσεων (μηχανικών και χημικών) και των κατακρημνίσεων έναντι των διαβρώσεων. Γενικά, κυριαρχούν τα εκτατικά χειμαρρικά φαινόμενα λόγω και της έλλειψης βλάστησης (μερικής ή ολικής). Η ανάπτυξη εντατικών χειμαρρικών φαινομένων και ιδίως της χαραδρωτικής, φαραγγωτικής και πρανικής διάβρωσης περιορίζεται μόνο κατά τη διάρκεια των σπάνιων, ραγδαίων βροχοπτώσεων και γίνεται ιδιαίτερα αισθητή στα μαλακά, ευδιάβρωτα γεωϋποθέματα (μάργες, άργιλλοι), όπου σχηματίζονται πολύπτυχες χαραδρώσεις, ανάλογες προς εκείνες του μεσογειακού συστήματος.

Σύστημα διάβρωσης των τροπικών περιοχών

Εμφανίζει όλα τα χειμαρρικά φαινόμενα, με ιδιαίτερη έξαρση των γεωκαταρεύσεων και ιδίως των γεωλισθήσεων. Ευνοούνται τα φαινόμενα που οφείλονται σε χημική και βιοχημική δράση. Το σύστημα επικρατεί στην περιοχή του Ισημερινού, η οποία χαρακτηρίζεται από συνεχή βροχερή περίοδο.

Σύστημα διάβρωσης των υποτροπικών περιοχών

Λόγω της περιοδικότητας των βροχοπτώσεων το σύστημα αναπτύσσει κατά μεν τη βροχερή περίοδο τα γνωρίσματα των τροπικών περιοχών κατά δε την

άνομβρη εκείνα των ερημικών περιοχών. Γι αυτό, θεωρείται ως *μεταβατικό* από το τροπικό προς το ερημικό σύστημα. Μεταξύ δε των τροπικών και ημιερημικών γνωρισμάτων επικρατούν εκείνα που αντιστοιχούν στον εκάστοτε επικρατούντα τύπο κλίματος, δηλ. στο εάν κυριαρχεί η βροχερότητα ή η 'ερημικότητα.

Πίνακας 5

Μέσο ετήσιο φορτίο φερτών υλών στα χειμαρρικά ρεύματα που τροφοδοτούν τον ποταμό Σπερχειό

α/α	Χειμαρρικό ρεύμα	Μέσο ετήσιο φορτίο φερτών υλών (m ³ /έτος)	α/α	Χειμαρρικό ρεύμα	Μέσο ετήσιο φορτίο φερτών υλών (m ³ /έτος)
1	Δυτικός Βίοτριζας	625.675	33	Βοϊδόρεμα	8.935
2	Ανατολικός Βίστριζας	533.184	34	Μανόρεμα	8.715
3	Ρουσπανίτης	184.645	35	Ντριζόρεμα	7.434
4	Λουγγιές	156.701	36	Μέγα Ρέμα Σπερχαΐδος	7.329
5	Άσωπος	137.811	37	Λύχνου	6.896
6	Παλαιοκάστρο (Κακόρεμα)	126.881	38	Αριστερόρεμα	5.977
7	Κατής	113.120	39	Καλαμάκι	5.941
8	Υπάτης	104.515	40	Πλατάνα	5.846

9	Γοργοπόταμος	79.039	41	Μαραθόρεμα	5.782
10	Δικάστρου (Λαπατόρεμα)	47.590	42	Άγνωστο	4.887
11	Ξηριάς Βαρδατών	38.908	43	Μετοχιόρεμα	4.369
12	Ξηριάς Λαμίας	38.779	44	Κουτσομύλι	4.028
13	Φυσίνας	30.033	45	Επανοχωρίου	3.817
14	Λατζόρεμα	27.015	46	Δριμαριόρεμα	3.711
15	Ξηριάς Αγ. Σώστη	26.884	47	Πλατανάκι	3.581
16	Βιτολιώτης	26.027	48	Δυτ. Υπάτης	2.939
17	Θερμοπυλών	25.307	49	Αν. Κομποτάδων	2.373
18	Κεραπιάν	20.829	50	Αγίου Γεωργίου	2.240
19	Κωσταλέξης	17.596	51	Παλιοδρακοσπηλ ιάς	2.232
20	Τσερλιάς	16.891	52	Φραντζή	1.980
21	Αμπελόρεμα	16.822	53	Μεξιατών	1.700
22	Κακαβόρεμα	14.920	54	Κλωνιού	1.655
23	Αετοφωλιάς	14.203	55	Μακρακώμης	1.398
24	Λουτρά Υπάτης	14.199	56	Αγ. Παρασκευής	1.373
25	Μέγα Ρέμα	13.324	57	Ρακές	1.102
26	Παπακυριατζόπου λου	12.309	58	Πτελέα	902
27	Μαρίτσας	11.905	59	Μπεκιαρόρεμα	374
28	Αγίου Νικολάου	11.178	60	Αθανασόρεμα	357
29	Συκεών	10.756	61	Παλιοκάστρου	349
30	Παλαιοβράχου	10.263	62	Στίρφακα	233
31	Αρχανιόρεμα	10.113	63	Ζηλευτού	223

32	Κομποτάδων	9.809		Γενικό σύνολο	2.655909 m ³ /έτος
----	------------	-------	--	---------------	-------------------------------

2.25. ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΓΗΣ

2.25.1. Διάβρωση της χέρσου και απόθεση των υλικών

Η διακίνηση φερτών υλών, δηλ. η διάβρωση του γεωϋποθέματος επί των εξάρσεων και η απόθεση των μεταφερόμενων υλικών στα βυθίσματα του γεωαναγλύφου, αποτελούν φυσική διαδικασία, που διαδραματίζεται σ' όλη την επιφάνεια της Γής, ως εξής:

Οι διάφορες ει/δογει/είς (τεκτονικές) και ηφαιστειακές δραστηριότητες είχαν και εξακολουθούν να έχουν ως συνέπεια την ανύψωση τμημάτων του στερεού φλοιού της Γης και το σχηματισμό εξάρσεων (ορέων, οροπεδίων). Επί της επιφάνειας των υψωμάτων αυτών δρα στη συνέχεια η διάβρωση, με αποτέλεσμα, να μεταφέρονται τα παραγόμενα υλικά από τα απορρέοντα ύδατα στα φυσικά βυθίσματα. Η μεταφορά των υλικών γίνεται διαμέσου του τοπικού υδρογραφικού δικτύου, η δε απόθεση τους οδηγεί στον σχηματισμό αλλουβιακών αποθέσεων με τη μορφή ριπιδίων (ιδίως κώνων πρόσχωσης) ή "δέλτα", οι οποίες αποτελούν ιδιαίτερα παραγωγικές εκτάσεις με κατά κανόνα αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα. Ως παράδειγμα δίνεται στον πίνακα 6 η κατά χώρο κατανομή των αποθέσεων, που προκαλεί η μεταφορά όγκου 2.656.000 m³/έτος φερτών υλών (μέση τιμή) από τον ποταμό Σπερχειό.

Πίνακας 6

Απόθεση των παραγόμενων φερτών υλικών όγκου 2.656.000 m³/έτος του ποταμού Σπερχειού στο πεδινό χώρο δράσης

Περιοχή απόθεσης	Αποθέσεις	
	(m ³ /έτος)	(%)
Στους κώνους πρόσχωσης και στις ενδιάμεσες κοίτες των ορεινών ρευμάτων	531.182	20,00
Στην κεντρική κοίτη του ποταμού	424.945	16,00
Στο δέλτα του ποταμού:	1.023.062	38,52
-στο δέλτα της κεντρικής κοίτης		
-στην ευρύτερη περιοχή του (παλιά κοίτη, τάφος κ.τ.λ)	110.126	4,15
Στον υποθαλάσσιο χώρο	566.594	21,33
Σύνολο	2.655.909	100,00%

Η έκταση της χέρσου ανέρχεται σε 149.000.000 Km². Από αυτήν έκταση 14.000.000 Km² (δηλ. το 9,4%) καταλαμβάνει η Ανταρκτική, ενώ έκταση 34.000.000 Km² (δηλ. το 22,8%) αποτελεί κλειστές λεκάνες απορροής ή έρημους. Η υπόλοιπη έκταση των 101.000.000 Km² (δηλ. το 67,8%) στραγγίζεται προς τις θάλασσες και τους ωκεανούς διαμέσου των φυσικών υδατορευμάτων (ποταμών). Εκτιμάται, ότι οι ποταμοί αυτοί μεταφέρουν ετησίως στη θάλασσα 20 - 30 δισεκατομμύρια τόνους φερτών υλικών.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 7, η Ασία αποτελεί την ήπειρο με τη μεγαλύτερη παραγωγή φερτών υλών. Ακολουθεί με σημαντική διαφορά η Β. Αμερική, η Ν. Αμερική, η Αφρική, η Ευρώπη και η Αυστραλία. Γενικά, τα 80% των αιωρημάτων που εκφορτίζονται στους ωκεανούς από τους ποταμούς,

προέρχονται από τους ασιατικούς ποταμούς.

Πίνακας 7

Μέσα ετήσια αιωροφορτία στις διάφορες ηπείρους (Holeman, 1963)

Ήπειρος	Συνολική επιφάνεια λεκανών απορροής	Μέσο ετήσιο αιωροφορτίο	
		Μρ/ Km ²	10 ³ Μρ
Βόρεια Αμερική	20.730.000	85,95 56,07	1.780.000
Νότια Αμερική	19.410.000	24,57 40,33	1.090.000
Αφρική	19.930.000	31,56 536,20	490.000
Αυστραλία	5.180.000		210.000
Ευρώπη	9.320.000		290.000

Από την τεράστια ποσότητα φερτών υλών, που παράγεται ετησίως στην επιφάνεια της χέρσου, μόνο ένα μικρό μέρος (το αδρομερέστερο) παραμένει στην περιοχή των εκβολών των ποταμών σχηματίζοντας τα δέλτα υπεράνω της θαλάσσιας στάθμης. Το υπόλοιπο (το λεπτόκοκκο) εισδύει στο εσωτερικό της θάλασσας, όπου σχηματίζει υποθαλάσσια επίπεδα απόθεσης στην περιοχή του θαλάσσιου πυθμένα.

2.26. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ, ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

2.26.1. Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά

Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μιας λεκάνης απορροής είναι τα εξής:

- 1) Εμβαδόν ορεινής λεκάνης απορροής (area drainage basin), E (km^2): καθορίζεται από την επιφάνεια σε οριζόντια προβολή που περιβάλλει ο υδροκρίτης μέχρι την κοίτη εκκένωσης του ρεύματος.
- 2) Περίμετρος (perimeter), U (km) : είναι το μήκος του υδροκρίτη της ορεινής λεκάνης. Από το πολυγωνικό επίπεδο που δημιουργήθηκε έπειτα από την ψηφιοποίηση του υδροκρίτη των λεκανών παίρνουμε την τιμή του μήκους της περιμέτρου.
- 3) Ελάχιστο υψόμετρο (altitude minimum), H_{\min} (m) : είναι το υψόμετρο στο στόμιο της λεκάνης (λαιμός ή κοίτη εκκένωσης) δηλ. στην έξοδο του χειμαρρικού ρεύματος στην πεδινή περιοχή.
- 4) Μέγιστο υψόμετρο (altitude maximum), H_{\max} (m) : είναι το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής της λεκάνης απορροής όπως αυτή καθορίζεται από τον υδροκρίτη της.
- 5) Μέσο υψόμετρο (altitude mean), H_m (m) : υπολογίζεται από τον τύπο :

$$H_m = L_i / H_i$$
όπου L_i το μήκος της χωροσταθμικής καμπύλης (km), H_i το υψόμετρο της αντίστοιχης χωροσταθμικής καμπύλης (km).
- 6) Μέγιστο χειμαρρικό υψόμετρο (altitude torrential), H_x (m) : είναι το υψόμετρο εκείνης της χωροσταθμικής καμπύλης, πάνω από την οποία η έκταση της λεκάνης είναι το 3 – 5 % του συνολικού εμβαδού της. Γνωρίζοντας το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης ξεκινάμε από τα υψηλότερα σημεία της λεκάνης απορροής επιλέγοντας την πρώτη ζώνη από το όριο του υδροκρίτη έως την πρώτη προς τα κατάντη ισοϋψή της λεκάνης και υπολογίζουμε το εμβαδόν που επιλέξαμε αν είναι το 3 – 5 % του συνολικού

εμβαδού. Εάν δεν είναι, επιλέγουμε την δεύτερη, την τρίτη ζώνη έτσι ώστε το εμβαδόν των επιλεγμένων ζωνών να μας δίνει το 3 – 5 % του συνολικού.

7) Μέγιστο ανάγλυφο ή υψομετρική διαφορά (relief), H_r (m) : εκφράζει την υψομετρική διαφορά μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου υψόμετρου.

8) Μέση κλίση της λεκάνης (basin mean slope), J_i (%) υπολογίζεται από τον τύπο όπου ΔH η ισοδιάσταση των χωροσταθμικών καμπυλών (km) Σl το άθροισμα των μηκών όλων των χωροσταθμικών της λεκάνης (km), και F το εμβαδόν της λεκάνης απορροής (km^2)

2.27. ΤΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα υδρογραφικά χαρακτηριστικά μιας λεκάνης απορροής είναι τα εξής

1) Μήκος κεντρικής κοίτης (mainstream length), L (km) : κεντρική κοίτη ενός χειμαρρικού ρεύματος είναι η κοίτη, που αρχίζει από τα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης απορροής και φθάνει σχεδόν μέχρι τον υδροκρίτη στις υψηλότερες περιοχές. Έχει το μεγαλύτερο μήκος ή αποστραγγίζει την μεγαλύτερη επιφάνεια στον χώρο της λεκάνης.

2) Μέση κλίση κεντρικής κοίτης (mainstream mean slope) J_k (%) : υπολογίσθηκε από τον τύπο, όπου L η οριζόντια απόσταση της κοίτης με ορισμένη σταθερή κλίση (m), J_s η κλίση του παραπάνω τμήματος (%).

2.28. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι βασικοί φυσικοί παράγοντες που καθορίζουν το χειμαρρικό περιβάλλον σε μία λεκάνη απορροής είναι : το κλίμα, το ανάγλυφο, η βλάστηση και το γεωλογικό υπόθεμα. Το κλίμα αποτελεί τον παράγοντα επίθεσης πάνω στο

αδρανές υπόβαθρο, το γεωλογικό υπόθεμα. Το ανάγλυφο αποτελεί τον ρυθμιστικό παράγοντα που καθορίζει, την κατεύθυνση και την ταχύτητα κίνησης της απορροής, ενώ η παρουσία της βλάστησης, η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ των κατακρημνισμάτων και του γεωλογικού υποθέματος δρα ως ασπίδα προστασίας κατά της διάβρωσης. Ο προσδιορισμός των παραπάνω παραγόντων επιτρέπει την κατάταξη των χειμαρρικών ρευμάτων της περιοχής έρευνας σε χειμαρρικό τύπο, ο οποίος τύπος καθορίζει το είδος και την ένταση των χειμαρρικών φαινομένων (διαβρώσεις, αποσαθρώσεις, γεωκατακρημνίσεις και γεωλισθήσεις) που αναπτύσσονται στην κάθε λεκάνη απορροής

2.28.1. Κλίμα

Το κλίμα και ιδιαίτερα τα κατακρημνίσματα αποτελούν τον παράγοντα εκείνον που καθορίζει την εμφάνιση, την ένταση και την έκταση των χειμαρρικών φαινομένων παραγωγής και μεταφοράς των φερτών υλικών. Αποτελεί τον εχθρικό παράγοντα του γεωλογικού υποθέματος. Για την έρευνα, μελέτη και εκτέλεση των έργων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται από τα πλημμυρικά φαινόμενα, είναι απαραίτητη η γνώση των μετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής έρευνας.

Για την έρευνα και μελέτη του κλίματος ελήφθησαν υπόψη μετεωρολογικοί σταθμοί Βόλου Μακρηνίντσας και Ζαγοράς που λειτούργησαν ή λειτουργούν στη συγκεκριμένη περιοχή, από τους οποίους σταθμούς συγκεντρώθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα και έγινε η περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση τους. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν :

- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής.

- Η μέση ετήσια θερμοκρασία.

2.28.2. Βροχώπτωση

Από τις μετρήσεις βροχής που διαθέτουμε παρατηρήσαμε ποιοι μήνες και ποια έτη έχουν καταγραφεί οι λιγότερες και περισσότερες βροχοπτώσεις. Επίσης, υπολογίστηκε **το μέσο ετήσιο ύψος βροχής** με βάση το τύπο του MATHIAS στις λεκάνες 1-22 και στις υπόλοιπες με γραμμική παρεμβολή. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για περιόδους 1975-1986 και 1956-1988.

MATHIAS

$$N\Delta H = NO + \kappa \cdot \Delta H - 1/2 \cdot (\Delta H / 100)^2$$

$N\Delta H$: ετήσιο ύψος βροχής σε υψομετρική διαφορά ΔH (mm)

NO : ετήσιο ύψος βροχής στο σταθμό βάσης (mm)

ΔH : υψομετρική διαφορά μεταξύ του υψομέτρου στη θέση αναφοράς και εκείνου στο σταθμό βάσης

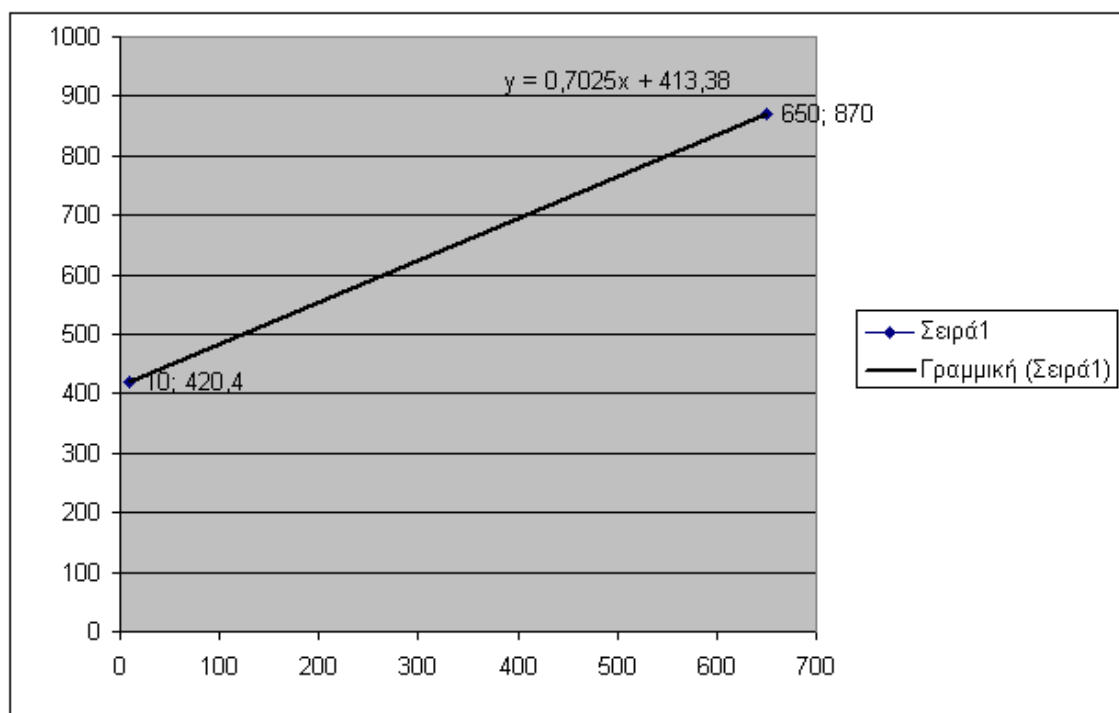
κ : συντελεστής ορογραφίας

ΠΙΝΑΚΑΣ

ΥΨ.ΒΑΣ	ΥΨ. ΛΕΚ	N ₀	ΔΗ	κ	κ*ΔΗ	N ₀ +κ*ΔΗ	ΔΗ/100	ΔΗ/100	1/2*(ΔΗ/100)^2	NΔΗ
480	845,4	1865,9	365,40	0,9	328,86	2194,76	3,654	3,654	6,675858	2188,084
480	422	1865,9	58,00	0,9	-52,2	1813,7	-0,58	-0,58	0,1682	1813,532
480	364	1865,9	116,00	0,9	-104,4	1761,5	-1,16	-1,16	0,6728	1760,827
480	501	1865,9	21,00	0,9	18,9	1884,8	0,21	0,21	0,02205	1884,778
480	263	1865,9	217,00	0,9	-195,3	1670,6	-2,17	-2,17	2,35445	1668,246
480	283	1865,9	197,00	0,9	-177,3	1688,6	-1,97	-1,97	1,94045	1686,66
480	687	1865,9	207,00	0,9	186,3	2052,2	2,07	2,07	2,14245	2050,058
480	700	1865,9	220,00	0,9	198	2063,9	2,2	2,2	2,42	2061,48
480	199	1865,9	281,00	0,9	-252,9	1613	-2,81	-2,81	3,94805	1609,052
480	180	1865,9	300,00	0,9	-270	1595,9	-3	-3	4,5	1591,4
480	200	1865,9	280,00	0,9	-252	1613,9	-2,8	-2,8	3,92	1609,98
480	725	1865,9	245,00	0,9	220,5	2086,4	2,45	2,45	3,00125	2083,399
480	390	1865,9	90,00	0,9	-81	1784,9	-0,9	-0,9	0,405	1784,495
480	660	1865,9	180,00	0,9	162	2027,9	1,8	1,8	1,62	2026,28
480	200	1865,9	280,00	0,9	-252	1613,9	-2,8	-2,8	3,92	1609,98
480	501	1865,9	21,00	0,9	18,9	1884,8	0,21	0,21	0,02205	1884,778
480	361	1865,9	119,00	0,9	-107,1	1758,8	-1,19	-1,19	0,70805	1758,092
480	262	1865,9	218,00	0,9	-196,2	1669,7	-2,18	-2,18	2,3762	1667,324
480	213	1865,9	267,00	0,9	-240,3	1625,6	-2,67	-2,67	3,56445	1622,036
480	335,3	1865,9	144,70	0,9	-	1735,67	-1,447	-1,447	1,046905	1734,623
480	348	1865,9	132,00	0,9	-118,8	1747,1	-1,32	-1,32	0,8712	1746,229
480	276	1865,9	204,00	0,9	-183,6	1682,3	-2,04	-2,04	2,0808	1680,219

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

10	650	υψόμετρο
420,4	870	ύψος βροχής



ΛΕΚΑΝΕΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ		ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
22	276		607,27
23	580		820,83
24	436		719,67
25	395		690,8675
26	363		668,3875
27	392		688,76
28	694		900,915
29	265,1		599,6128
30	273		605,1625
31	699		904,4275
32	699		904,4275
33	282,7		611,9768
34	788		966,95

2.28.3. Θερμοκρασία

Από τα στοιχεία θερμοκρασίας των μετεωρολογικών σταθμών Βόλου και Ζαγοράς πήραμε στοιχεία για τις περιόδους από το 1956–1988. Επίσης,

παρατηρήσαμε ποιοι μήνες και ποια έτη είχαμε τις υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες στη περιοχή έρευνας

ΠΙΝΑΚΑΣ

Σταθμός:	ΒΟΛΟΣ	Περίοδος: 1956-1988				
Γεωγρ. Πλάτος:	39,22		Θερμοκρασίες			
Γεωγρ. Μήκος:	22,57	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη		
Υψόμετρο:	2,6	7,8	11,3	4,5	ΙΑΝ	
		9,0	12,9	5,4	ΦΕΒ	
		11,3	15,0	7,3	ΜΑΡ	
		15,4	19,4	10,5	ΑΠΡ	
		20,1	24,0	14,9	ΜΑΪ	
		24,6	28,5	19,0	ΙΟΥΝ	
		27,0	31,0	21,3	ΙΟΥΛ	
		26,6	30,5	21,2	ΑΥΓ	
		22,9	27,0	17,9	ΣΕΠ	
		17,7	21,7	13,6	ΟΚΤ	
		13,3	17,3	9,8	ΝΟΕ	
		9,6	13,2	6,3	ΔΕΚ	
		17,1	21,0	12,6	ΕΤΟΣ	

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΤΩΝ ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1.1. Ανάγλυφο

Επειδή οι κλίσεις που επικρατούν στις επιφάνειες των λεκανών απορροής παρουσιάζουν συνήθως έντονες εναλλαγές, αναζητούμε κατά τη σπουδή της μορφολογίας του χειμαρρικού χώρου, μια αντιπροσωπευτική κλίση.

Η κλίση αυτή ονομάζεται μέση κλίση (P_m), ο δε τύπος υπολογισμού της δίνεται από την υπό αριθμό 927/18-7-1968 διαταγή του Υπουργείου Γεωργίας και είναι :

$$P_m = \Delta H * \Sigma I / F$$

Οι μέσες κλίσεις των λεκανών απορροής που μελετάμε υπολογίστηκαν και είναι οι εξής :

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	8.Μέση κλίση κοίτης
	σύμβολα		
	μοναδες		%
χειμαρρικά ρευματα	Λαγωνίκας	1	41,1
	Βολιας	2	26,73
	Ξηρορεμα	3	32,87
	Καλοκαιρινό	4	47,73

	Καλοκαιρινό 1	5	10,17
	Φελούκα	6	15,41
	Φελούκα 1	7	42
	Φελούκα 2	8	43,32
	Κισσώτικο	9	13,9
	Μεγα ρέμα	10	46,98
	Χαλόρεμα	11	52,43
	Χαλόρεμα 1	12	46,93
	Μηλοπόταμο	13	36,92
	Μηλοπόταμο 1	14	44,69
	Μηλοπόταμο 2	15	20,65
	Κερασόρεμα	16	41,53
	Κερασόρεμα 1	17	52,29
	Κερασόρεμα 2	18	24,9
	Κερασόρεμα 3	19	63,38
	Σκαμνίτσα	20	30,53
	Πλατανα	21	36,98
	Πλατανα 1	22	30,65
	Βασιλική	23	30,65
	Κακοσκαλι	24	32,52
	Κακοσκαλι 1	25	39,49
	Κακοσκαλι 2	26	34,57
	Κακοσκαλι 3	27	41,04

	Κουσαλας	28	43,33
	Κουσαλας	29	41,61
	Βρυτποννως	30	10,77
	Αγια τριαδος	31	37,6
	Καρουτας	32	39,06
	Καρουτας 1	33	22,9
	Αναυρος	34	28,35

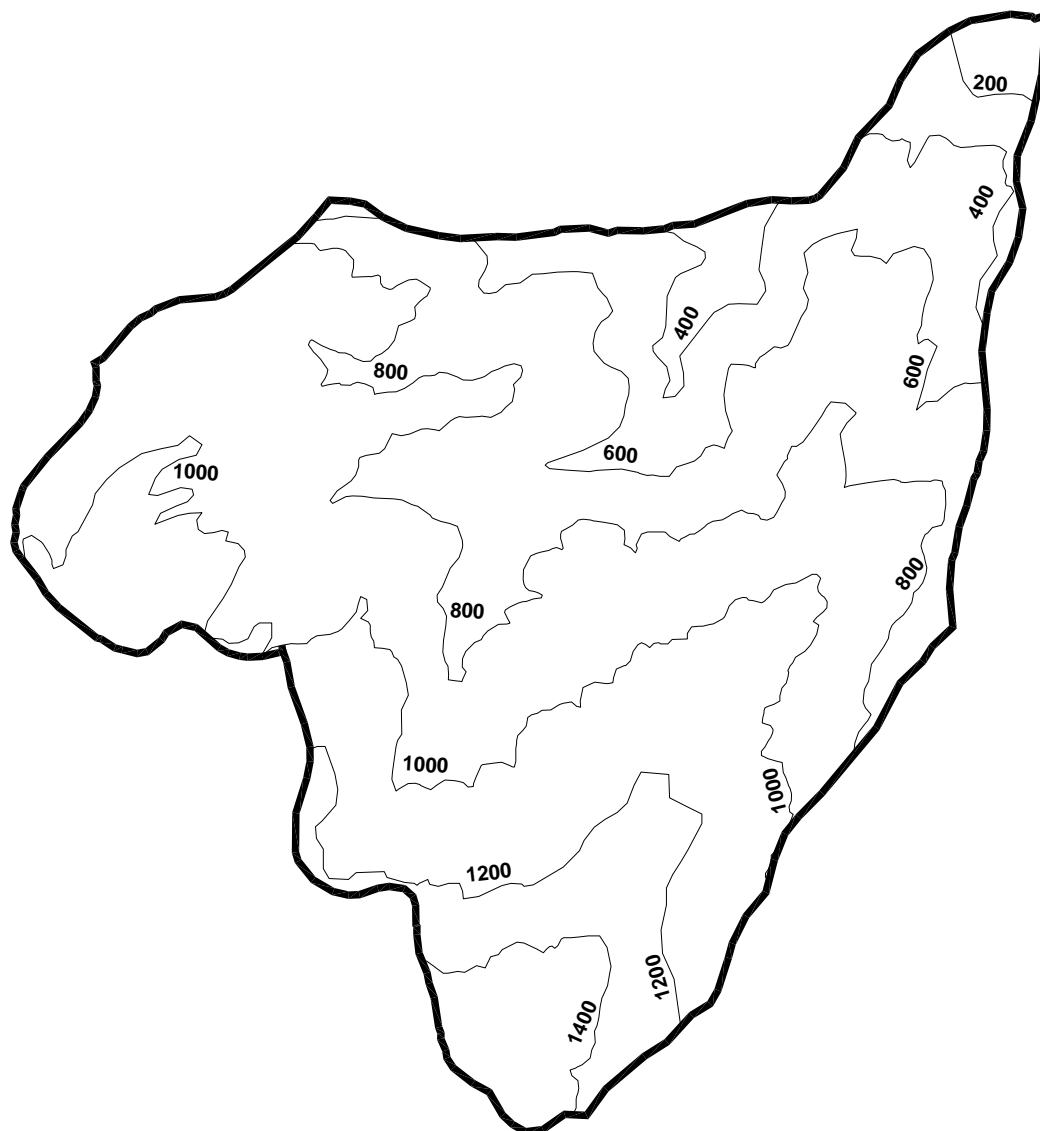
Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω στοιχεία είναι ότι η μεγαλύτερη κλίση είναι 63,38 % στο ρεύμα Βρυτποννως και η μικρότερη στο ρεύμα Καλοκαιρινό 1.

Από τον ίδιο κανονισμό εκπονήσεως μελετών χειμαρρικών ρευμάτων δίνεται ο παρακάτω χαρακτηρισμός ζωνών :

- Οριζόντιες ($0\% \leq \text{κλίση} \leq 5\%$)
- Επικλινείς ($5,1\% \leq \text{κλίση} \leq 15\%$)
- Λίαν επικλινείς ($15,1\% \leq \text{κλίση} \leq 35\%$)
- Ισχυρά επικλινείς ($35,1\% \leq \text{κλίση} \leq 66\%$)
- Απόκρημνες ($66,1\% \leq \text{κλίση}$)

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης κατατάσσονται το μεγαλύτερο μέρος τους στη κατηγορία Λίαν επικλινών και των ισχυρά επικλινών.

ΛΕΚΑΝΗ 1 ΠΟΥΡΙΑΝΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ(26,7092τ.χλ.) (ΙΣΟΨΕΙΣ
ΚΑΜΠΥΛΕΣ/200μ.)



Εικόνα : Οι χωροσταθμικές καμπύλες σε μια λεκάνη στην περιοχή έρευνας.

3.1.2. Βλάστηση

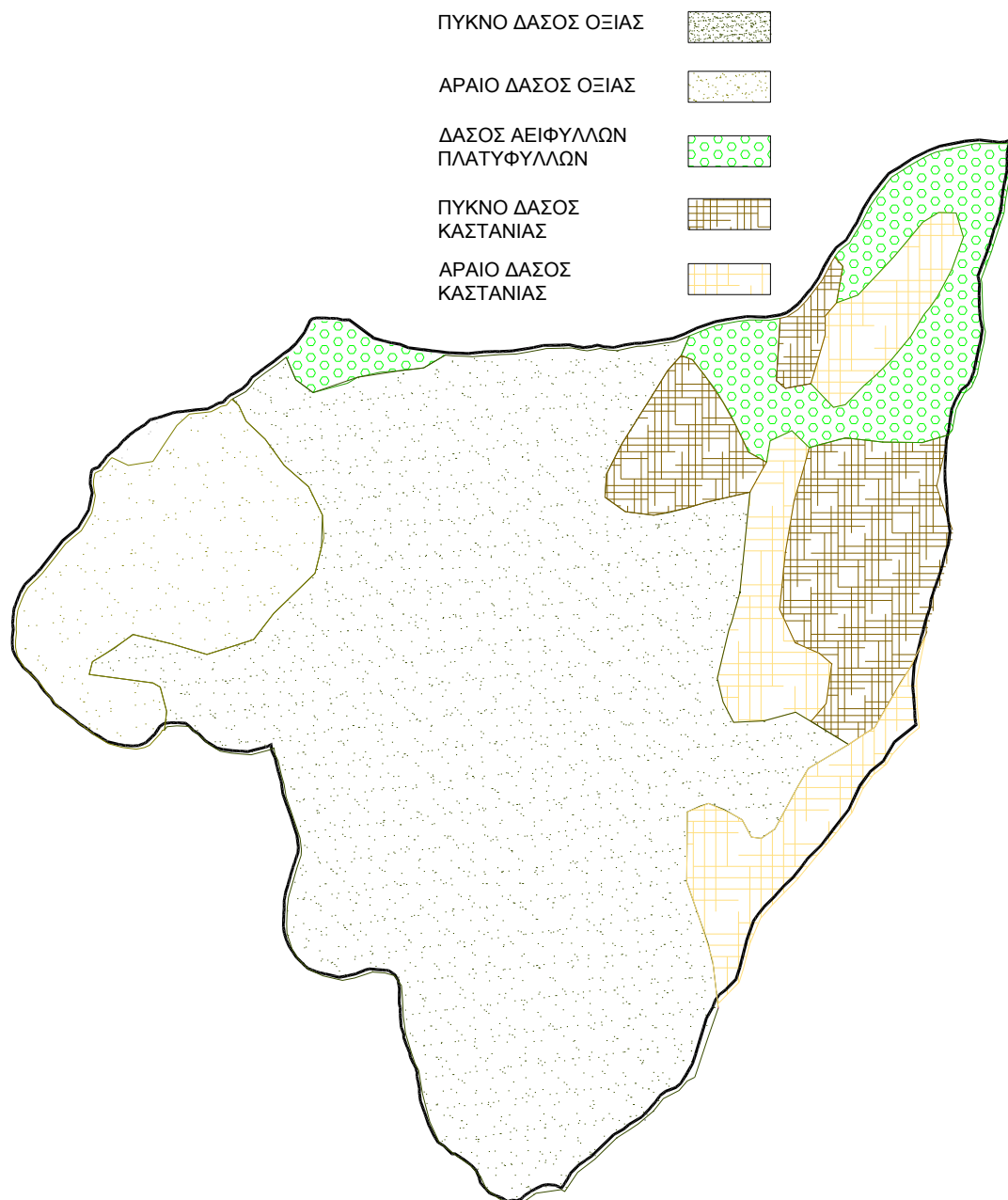
Η βλάστηση περιλαμβάνεται στους βασικούς παράγοντες χειμαρρικότητας και η επίδραση της στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς των χειμάρρων είναι σημαντική. Αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στην αποτροπή έντονων χειμαρρικών φαινομένων και ρυθμίζει την υδατική δίαιτα των χειμαρρικών ρευμάτων.

Για να προσδιοριστούν τα παραπάνω χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης βλάστησης κλίμακας 1 : 50000 που έχει εκδοθεί από την Δασική Υπηρεσία.

ΛΕΚΑΝΗ 1 ΠΟΥΡΙΑΝΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

(26,7092τ.χλ.)

(ΒΛΑΣΤΗΣΗ)



Εικόνα : Η βλάστηση σε μια λεκάνη της περιοχής έρευνας

Αείφυλλα πλατύφυλλα : Επικρατεί η κουμαριά (*Arbutus Unedo*) η αριά (*Quercus Ilex*), ο πρίνος (*Quercus Coccifera L.*), διάσπαρτα άτομα φράξου όρνου (*Fraxinus Ornus*) και το φιλίκι (*Phillyrea Media L.*).

Στη ζώνη των αείφυλλων πλατύφυλλων συναντάμε και τα παρακάτω είδη : τον κέδρο (*Juniperus Oxycedrus*), που μαζί με την αριά και το φιλίκι καταλαμβάνουν τις πιο υποβαθμισμένες θέσεις. Επίσης, συναντάμε το γαύρο (*Carpinus*), το σχίνο (*Pistacia Lentiscus*) και το χρυσόξυλο (*Phus Cotinus*).

Τα παραπάνω είδη είναι δένδρα ή και θάμνοι, θερμόφιλα με προτίμηση στα βαθιά, νωπά εδάφη, αλλά με αντοχή στα βραχώδη, άγονα, ξηρά εδάφη. Έχουν μεγάλη πρεμνοβλαστική ικανότητα. Η δασοπονική μορφή που τα συναντά είναι η ομήλικη. Οι ηλικίες τους κυμαίνονται ανάλογα από 1 – 5 ετών, 15 – 20 ετών και 30 – 40 ετών. Ο βαθμός συγκόμωσης είναι 0,8 – 0,9 και η μορφή συγκόμωσης οριζόντια.

Οξυά : Συναντούμε συνήθως την ανατολική οξυά (*Fagus Orientalis L.*) με τις ενδιάμεσες μορφές προς τη δασική οξυά (*Gagus Silvatikal*). Ανήκει στην οικογένεια *Fagaceae*. Είναι το περισσότερο ανθεκτικό στη σκιά μεταξύ των πλατυφύλλων. Απαιτεί νωπά, χουμώδη μη ασβεστούχα και πλούσια σε ανόργανες θρεπτικές ουσίες εδάφη. Επίσης θέλει μεγάλη υγρασία αέρος. Η ανατολική απαιτεί μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τη δασική. Η μέση θερμοκρασία που συναντάμε την οξιά πρέπει να είναι 6 – 12 °C. Η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από –4 °C. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα πρέπει να είναι 20 °C

περίπου. Το ύψος βροχής δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 600 mm. Απαιτεί τουλάχιστον 7 ημέρες βροχής σε κάθε θερινό μήνα που έχει θερμοκρασία 18 – 20 °C και 8 ημέρες βροχής με θερμοκρασία 22 – 23 °C περίπου.

Στην περιοχή που μελετάμε η δασοπονική μορφή της οξιάς είναι υποκηπευτοειδής και άλλοτε κηπευτοειδής. Η ηλικία των δένδρων κυμαίνεται από 60 – 130 ετών. Η ποιότητα των κορμών είναι καλή, με εξαίρεση τα μεγαλύτερα υψόμετρα, στα οποία η ποιότητα παρουσιάζεται μέτρια. Η πρεμνοβλαστική της ικανότητα είναι μικρή. Η αναγέννηση είναι ικανοποιητική κατά θέσεις, γίνεται με σπερμοβλαστήματα και κατά δεύτερο λόγο από πρεμνοβλαστήματα. Ο βαθμός συγκόμωσης κυμαίνεται από 0,7 – 1 και η μορφή είναι κλιμακωτή.

Καστανιά : Δικότυλο φυτό η καστανιά (*Castanea sativa*), ανήκει στην οικογένεια Fagaceae με 12 είδη φυλλοβόλων , αιωνόβιων μεγάλων δέντρων ιθαγενή των εύκρατων περιοχών του βορείου ημισφαιρίου. Η καστανιά είναι πανάρχαιο δέντρο όπως αποδεικνύεται από διάφορα ευρήματα της εποχής του Χαλκού . Ήταν η τροφή των φτωχών το μεσαίωνα.

Οι καρποί τους, τα κάστανα, βρίσκονται μέσα σε ένα ξυλώδες περίβλημα που έχει αγκάθια εξωτερικά και ανοίγει όταν οι καρποί ωριμάσουν. Ανάλογα με το είδος, μέσα στο περίβλημα υπάρχουν 2-3 καρποί και σε άλλα είδη μόνο ένας. Οι καστανιές είναι μεγάλα δέντρα συνήθως και το ύψος τους μπορεί να φτάσει τα 35 μέτρα. Είναι είτε αυτοφυή είτε καλλιεργούνται για τους νόστιμους καρπούς τους και για την καλή σε ποιότητα ξυλεία τους αλλά και

σαν καλλωπιστικά σε διάφορα πάρκα. Οι καστανιές πρέπει να βρίσκονται σε υψόμετρο πάνω από 250 μέτρα και δεν ευδοκιμούν σε χαμηλότερα υψόμετρα. Πολλαπλασιάζονται με σπόρο , με μοσχεύματα και με εμβολιασμό. Το δέντρο ανθίζει κατά την άνοιξη και τα κάστανα ωριμάζουν από τις αρχές Σεπτεμβρίου μέχρι τέλη Νοεμβρίου ανάλογα με τις συνθήκες και τη ποικιλία. Κάθε δέντρο μπορεί να δώσει από 30-50 κιλά κάστανα. Το μέγιστο της απόδοσης θεωρείται το 50ο-60ο έτος της ηλικίας του. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα είναι απαγορευτικά για την ανάπτυξη του φυτού.

Πίνακας : Ποσοστά βλάστησης των λεκανών απορροής

α/α	εμβ. λεκ(km ²)	ΔΑΠ- %	ΠΔΚ- %	ΑΔΚ- %	ΠΔΟ- %	ΑΔΟ- %	ΟΙΚ- %	ΓΚ- %	ΒΟΣ- %
1	26,709	7,21	10,59	0,00	60,94	10,73	0,00	10,53	0,00
2	4,652	68,94	7,72	0,00	12,90	0,00	0,00	10,45	0,00
3	4,884	29,81	28,77	0,00	0,00	0,00	0,00	41,42	0,00
4	11,521	0,00	32,20	0,00	12,36	0,00	3,76	51,68	0,00
5	2,459	27,94	34,65	0,00	0,00	0,00	0,00	37,41	0,00
6	4,764	0,00	16,96	0,00	0,00	0,00	2,54	80,50	0,00
7	19,329	0,00	51,74	0,00	19,31	0,00	3,97	24,98	0,00
8	15,488	0,00	28,29	0,00	42,25	0,00	5,38	24,08	0,00
9	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,96	90,04	0,00
10	20,889	0,66	24,18	5,20	54,11	4,70	0,43	10,73	0,00
11	1,228	48,70	3,42	0,00	0,00	0,00	7,65	40,23	0,00
12	5,051	34,05	0,00	12,67	37,04	0,00	16,23	0,00	0,00
13	4,974	31,30	21,65	31,52	0,00	0,00	15,52	0,00	0,00

14	7,351	23,67	41,97	5,54	28,83	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,713	15,85	0,00	84,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	5,406	54,14	9,05	2,55	34,26	0,00	0,00	0,00	0,00
17	4,154	81,39	6,64	11,03	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00
18	2,912	74,73	0,00	8,65	0,00	0,00	2,95	13,67	0,00
19	3,361	63,37	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	30,50	0,00
20	2,594	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	3,658	86,44	0,00	9,68	0,00	0,00	0,00	1,28	2,60
22	1,952	55,38	0,00	44,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	37,105	18,79	0,00	0,00	17,06	2,13	4,12	55,91	1,99
24	1,435	22,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,28	0,00
25	2,323	23,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,24	0,00
26	1,835	5,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,06	0,00
27	4,191	27,68	0,00	15,68	0,00	0,00	12,84	43,81	0,00
28	8,803	8,42	10,78	0,00	24,36	32,11	3,50	20,83	0,00
29	1,565	14,12	0,00	0,00	0,00	0,00	5,05	80,83	0,00
30	13,212	15,53	0,00	0,00	0,00	0,00	10,83	73,64	0,00
31	22,584	0,46	14,59	0,00	28,10	5,02	4,15	47,68	0,00
32	5,201	56,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,65	0,00
33	4,298	43,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,26	0,00
34	9,347	40,91	0,00	0,00	6,07	0,00	0,00	53,02	0,00

ΔΑΠ: δάσος αείφυλλων πλατύφυλλων

ΠΔΚ: πυκνό δάσος Καστανιάς

ΑΔΚ: αραιό δάσος Καστανιάς

ΠΔΟ: πυκνό δάσος οξιάς

ΑΔΟ: αραιό δάσος οξιάς

ΟΙΚ: οικισμοί

ΓΚ: γεωργικές καλλιέργειες

ΒΟΣ: βοσκότοποι

Υπάρχουν λίγοι βοσκότοποι και αρκετές γεωργικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Σε ότι αφορά τα δάση υπάρχει αφθονία αείφυλλων πλατύφυλλων και δάσος οξιάς και καστανιάς.

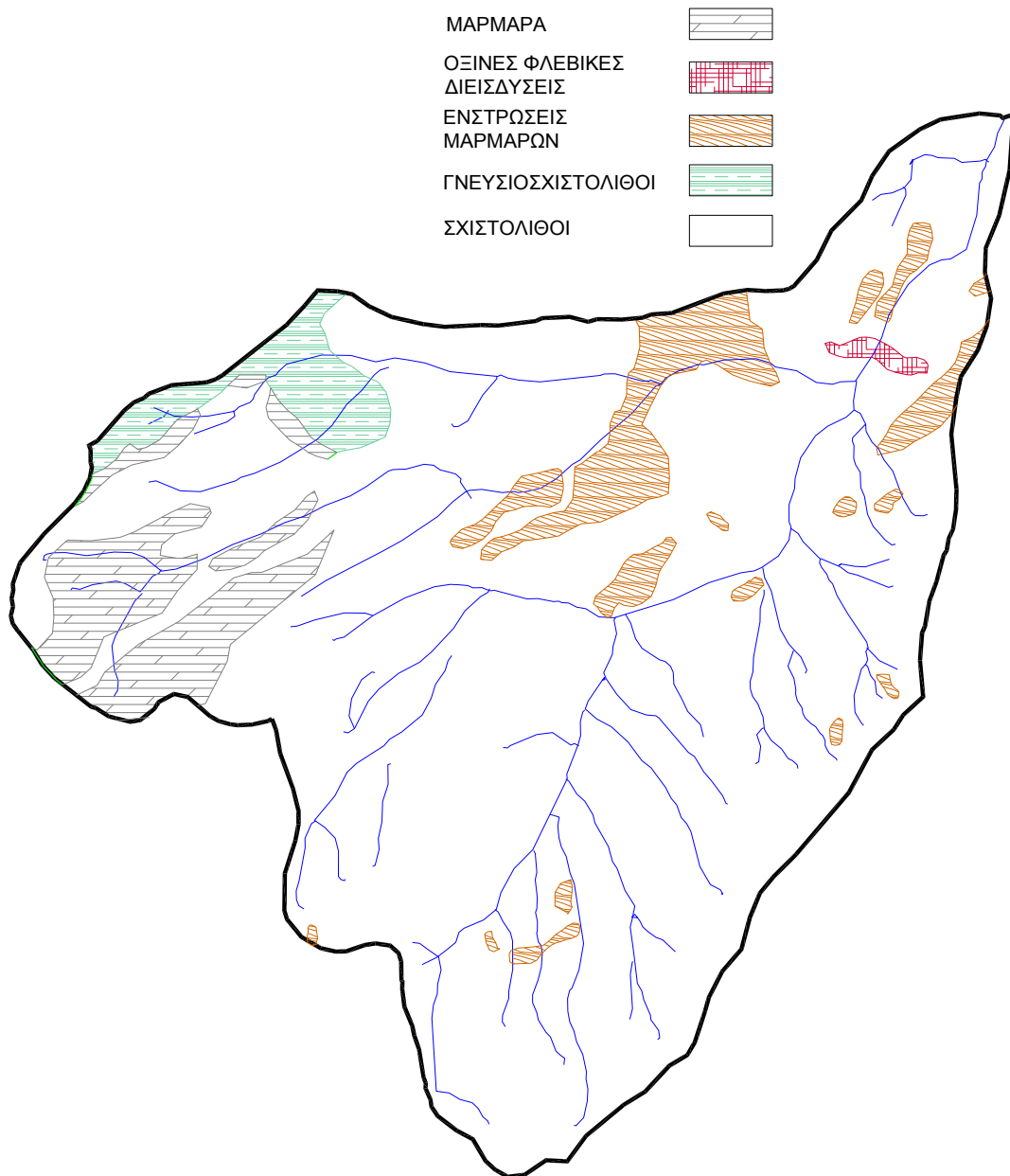
3.1.3. Το γεωλογικό υπόθεμα

Οι υψηλότερες λεκάνες απορροής αποτελούνται από μεγάλο ποσοστό σχιστόλιθων και ενστρώσεις μαρμάρων. Υπάρχουν σημεία με ασβεστόλιθους και μικρό ποσοστό γνευσιοσχιστόλιθων καθώς και κάποια με οφιόλιθους.

ΛΕΚΑΝΗ 1 ΠΟΥΡΙΑΝΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

(26,7092τ.χλ.)

(ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ)



Εικόνα: γεωλογικό υπόθεμα σε μια λεκάνη της περιοχής έρευνας

Πίνακας : Ποσοστά πετρωμάτων των λεκανών απορροής

α/α	εμβ. λεκ(κ m ²)	μαρ- %	ΟΦΔ -%	ΕΝ ΜΑΡ- %	ΓΝ- %	ΣΧ- %	ΟΦ- %	ΠΛ ΚΟΡ- %	ΑΣ- %	ΕΛ ΜΑ Ν- %	ΜΑΡΣ Χ- %
1	26,70 9	6,41	0,32	5,50	2,90	84,87	0,00	0,00	0	0	0,00
2	4,652	0,00	0	8,36	0,00	91,64	0,00	0,00	0	0	0,00
3	4,884	0,00	0	12,16	0,00	77,89	0,00	9,95	0	0	0,00
4	11,52 1	0,00	0	2,75	0,00	95,27	0,00	1,98	0	0	0,00
5	2,459	0,00	0	1,83	0,00	49,37	0,00	48,80	0	0	0,00
6	4,764	0,00	0	16,18	0,00	80,37	0,00	3,44	0	0	0,00
7	19,32 9	0,00	0,05	4,13	0,00	95,71	0,00	0,10	0	0	0,00
8	15,48 8	0,00	0,12	5,57	0,00	94,32	0,00	0,00	0	0	0,00
9	2,69	0,00	0	1,04	0,00	89,44	0,00	9,52	0	0	0,00
10	20,88 9	0,00	0	3,27	0,00	96,73	0,00	0,00	0	0	0,00
11	1,228	49,10	0	0,73	0,00	50,08	0,00	0,00	0	0	0,00
12	5,051	0,00	0	1,13	0,00	98,87	0,00	0,00	0	0	0,00
13	4,974	25,03	0	2,23	0,00	72,74	0,00	0,00	0	0	0,00
14	7,351	16,45	0	0,48	0,00	81,38	0,00	0,00	0	1,7	0,00

					10,3						
15	0,713	75,04	0	0,00	8	14,59	0,00	0,00	0	0	0,00
16	5,406	60,04	0,13	0,00	3,46	32,09	0,09	0,00	0	0	4,18
					14,5						
17	4,154	45,88	0	0,00	2	8,09	2,00	0,00	0	0	29,51
					54,0						
18	2,912	1,96	0	44,02	2	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00
					44,9						
19	3,361	14,82	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0	40,29
					16,5						
20	2,594	4,59	0	1,77	4	0,00	0,00	0,00	0	0	77,10
					30,1						
21	3,658	0,00	0	0,93	0	0,00	0,93	0,00	0	0	68,04
					46,1						
22	1,952	0,97	0	0,00	6	0,00	0,00	0,00	0	0	52,87
	37,10									0,5	
23	5	2,63	0,16	7,61	1,19	77,40	0,00	9,78	0,63	9	0,00
24	1,435	0,00	0	9,06	0,00	90,87	0,00	0,00	0	0	0,00
25	2,323	0,00	0	2,07	0,00	97,93	0,00	0,00	0	0	0,00
26	1,835	0,00	0	9,37	0,00	90,57	0,00	0,00	0	0	0,00
27	4,191	0,00	0	4,10	0,00	77,59	0,00	0,21	18,1	0	0,00
28	8,803	5,51	0	14,85	0,00	79,64	0,00	0,00	0	0	0,00
29	1,565	78,47	0	19,68	0,00	1,85	0,00	0,00	0	0	0,00
	13,21										
30	2	16,33	0	0,13	0,00	10,15	0,14	71,31	1,92	0	0,00
	22,58									1,2	
31	4	0,00	0,08	0,97	0,00	97,69	0,00	0,00	0	7	0,00
32	5,201	0,00	0	0,00	0,00	28,84	0,00	71,16	0	0	0,00

33	4,298	52,56	0	1,02	0,00	35,60	0,00	10,80	0	0	0,00
34	9,347	6,07	11,3	0,30	0,00	82,33	0,00	0,00	0	0	0,00

Μαρ: μάρμαρα

ΟΦΔ: όξινες φλεβικές διεισδύσεις

ΕΝ ΜΑΡ: ενστρώσεις μαρμάρων

ΓΝ: γνευσιοσχιστόλιθοι

ΣΧ: σχιστόλιθοι

ΟΦ: οφιόλιθους

ΠΛ ΚΟΡ: πλευρικά κορήματα

ΑΣ: ασβεστόλιθοι

ΕΛ.ΜΑΝ: ελουβιακός μανδύας

ΜΑΡΣ: μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι

3.1.4. ΕΜΒΑΔΑ ΛΕΚΑΝΩΝ

Σύμφωνα με τον Κωτούλα (1980) η κατάταξη τους έχει ως εξής

ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ

F(Km²)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ

ΧΕΙΜΑΡΡΙΚΩΝ

ΡΕΥΜΑΤΩΝ

0-10	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΑ
10-20	ΜΙΚΡΑ
20-50	ΜΕΣΑΙΑ
50-100	ΜΕΓΑΛΑ
100-250	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ εμβαδά λεκανών

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	2. Επιφάνεια Λεκάνης
	σύμβολα		
	μοναδες		Km ²
χειμαρρικά ρεύματα	Λαγωνίκας	1	26,709
	Βολιας	2	4,652
	Ξηρορεμα	3	4,884
	Καλοκαιρινό	4	11,521
	Καλοκαιρινό1	5	2,459
	Φελούκα	6	4,764
	Φελούκα 1	7	19,329
	Φελούκα 2	8	15,488
	Κισσώτικο	9	2,69
	Μεγα ρέμα	10	20,889

Χαλδόμεμα	11	1,228
Χαλδόμεμα 1	12	5,051
Μηλοπόταμο	13	4,974
Μηλοπόταμο 1	14	7,351
Μηλοπόταμο 2	15	0,713
Κερασόρεμα	16	5,406
Κερασόρεμα 1	17	4,154
Κερασόρεμα 2	18	2,912
Κερασόρεμα 3	19	3,361
Σκαμνίτσα	20	2,594
Πλατανα	21	3,658
Πλατανα 1	22	1,952
Βασιλική	23	37,105
Κακοσκαλι	24	1,435
Κακοσκαλι 1	25	2,323
Κακοσκαλι 2	26	1,835
Κακοσκαλι 3	27	4,191
Κουσαλας	28	8,803

	Κουσαλας	29	1,565
	Βρυπποννως	30	13,212
Αγια	τριαδος	31	22,584
	Καρουτας	32	5,201
	Καρουτας 1	33	4,298
	Αναυρος	34	9,347

Από τα παραπάνω στοιχεία βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη σε επιφάνεια λεκάνη είναι αυτή του υδατορεύματος Βασιλικη με 37,105 Km² και η μικρότερη αυτή του υδατορεύματος Μηλοπόταμο 2. Έτσι τα υδατορεύματα μας χαρακτηρίζονται από μεσαία , μικρά έως και πολύ μικρά.

3.1.5. Μήκος κεντρικής κοίτης

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	7.Μήκος κεντρικής κοίτης
	σύμβολα		L
	μοναδες		Km
Χειμαρρρικ ά ρεύματα	Λαγωνίκας	1	7,62
	Βολιας	2	3,85

	Ξηρορεμα	3	3,12
	Καλοκαιρινό	4	7,13
	Καλοκαιρινό1	5	1,92
	Φελούκα	6	2,46
	Φελούκα 1	7	9,3
	Φελούκα 2	8	6,82
	Κισσώτικο	9	1,38
	Μεγα ρέμα	10	6,57
	Χαλόρεμα	11	1,69
	Χαλόρεμα 1	12	5,18
	Μηλοπόταμο	13	4,72
	Μηλοπόταμο 1	14	4,19
	Μηλοπόταμο 2	15	0,32
	Κερασόρεμα	16	6,6
	Κερασόρεμα 1	17	5,34
	Κερασόρεμα 2	18	1,94
	Κερασόρεμα 3	19	3,62
	Σκαμνίτσα	20	2,04
	Πλατανα	21	3,52
	Πλατανα 1	22	1,85
	Βασιλική	23	9,91
	Κακοσκαλι	24	1,81
	Κακοσκαλι 1	25	2,74

	Κακοσκαλι 2	26	2,78
	Κακοσκαλι 3	27	4,6
	Κουσαλας	28	5,82
	Κουσαλας	29	2,37
	Βρυτποννως	30	3,13
Αγια τριαδος		31	6,68
Καρουτας		32	4,41
Καρουτας 1		33	2,19
Αναυρος		34	6,35

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο μήκος κοίτης βρίσκεται στο υδατόρευμα βασυλικη με 9,91 Km και το μικρότερο στο μηλοπόταμο 2 με 0,32 Km.

3.1.6. Μέση κλίση κεντρικής κοίτης

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	Μέση κλίση κεντρικής κοίτης
	σύμβολα		J _{mk}
	μοναδες		%
χειμαρρικά ρεύματα	Λαγωνίκας	1	15,74
	Βολιας	2	16,88
	Ξηρορεμα	3	14,44

	Καλοκαιρινό	4	17,53
	Καλοκαιρινό1	5	15,62
	Φελούκα	6	21,13
	Φελούκα 1	7	13,44
	Φελούκα 2	8	14,66
	Κισσώτικο	9	57,9
	Μεγα ρέμα	10	18,26
	Χαλόρεμα	11	17,75
	Χαλόρεμα 1	12	15,44
	Μηλοπόταμο	13	16,94
	Μηλοπόταμο 1	14	25,05
	Μηλοπόταμο 2	15	34,73
	Κερασόρεμα	16	12,87
	Κερασόρεμα 1	17	11,23
	Κερασόρεμα 2	18	18,04
	Κερασόρεμα 3	19	13,81
	Σκαμνίτσα	20	17,15
	Πλατανα	21	8,52
	Πλατανα 1	22	18,91
	Βασιλική	23	11,6
	Κακοσκαλι	24	22,09
	Κακοσκαλι 1	25	20,07
	Κακοσκαλι 2	26	16,18

	Κακοσκαλι 3	27	18,47
	Κουσαλας	28	20,61
	Κουσαλας	29	12,65
	Βρυτοποννως	30	8,38
Αγια τριάδος		31	7,99
Καρουτας		32	18,14
Καρουτας 1		33	13,69
Αναυρος		34	20,47

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη κλίση υπάρχει στο υδατόρευμα Κισσώτικο και η μικρότερη στο υδατόρευμα Αγια τριάδος

3.1.7. Μέση κλίση λεκάνης

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	Μέση κλίση λεκάνης
	σύμβολα		J _{ml}
	μοναδες		%
	Λαγωνίκας	1	41,1
χειμαρρικά ρεύματα	Βολιας	2	26,73
	Ξηρορεμα	3	32,87

	Καλοκαιρινό	4	47,73
	Καλοκαιρινό1	5	10,17
	Φελούκα	6	15,41
	Φελούκα 1	7	42
	Φελούκα 2	8	43,32
	Κισσώτικο	9	13,9
	Μεγα ρέμα	10	46,98
	Χαλόρεμα	11	52,43
	Χαλόρεμα 1	12	46,93
	Μηλοπόταμο	13	36,92
	Μηλοπόταμο 1	14	44,69
	Μηλοπόταμο 2	15	20,65
	Κερασόρεμα	16	41,53
	Κερασόρεμα 1	17	52,29
	Κερασόρεμα 2	18	24,9
	Κερασόρεμα 3	19	63,38
	Σκαμνίτσα	20	30,53
	Πλατανα	21	36,98
	Πλατανα 1	22	30,65
	Βασιλική	23	30,65
	Κακοσκαλι	24	32,52
	Κακοσκαλι 1	25	39,49
	Κακοσκαλι 2	26	34,57

	Κακοσκαλι 3	27	41,04
	Κουσαλας	28	43,33
	Κουσαλας	29	41,61
	Βρυτποννως	30	10,77
Αγια τριάδος		31	37,6
Καρουτας		32	39,06
Καρουτας 1		33	22,9
Αναυρος		34	28,35

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη κλίση υπάρχει στη λεκάνη του υδατορεύματος Κερασόρεμα 3 και η μικρότερη στη λεκάνη του υδατορεύματος Καλοκαιρινό1.

3.1.8. Υψομετρική διαφορά

ενδείξεις	περιγραφή	1.Κωδ. Αριθμός Ρεύματος	Max υψόμετρο	Min υψόμετρο	Max- Min
	σύμβολα				
	μοναδες		m	m	m
χειμαρρικά ρεύματα	Λαγωνίκας	1	1400	200	1200
	Βολιας	2	800	150	650
	Ξηρορεμα	3	600	150	450
	Καλοκαιρινό	4	1400	150	1250

Καλοκαιρινό1	5	400	100	300
Φελούκα	6	600	80	520
Φελούκα 1	7	1450	200	1250
Φελούκα 2	8	1200	200	1000
Κισσώτικο	9	230	150	80
Μεγα ρέμα	10	1400	200	1200
Χαλόρεμα	11	220	190	30
Χαλόρεμα 1	12	1250	450	800
Μηλοπόταμο	13	1000	200	800
Μηλοπόταμο 1	14	1250	200	1050
Μηλοπόταμο 2	15	210	100	110
Κερασόρεμα	16	1050	200	850
Κερασόρεμα 1	17	800	200	600
Κερασόρεμα 2	18	500	150	350
Κερασόρεμα 3	19	650	150	500
Σκαμνίτσα	20	550	200	350
Πλατανα	21	450	150	300
Πλατανα 1	22	500	150	350
Βασιλική	23	1250	100	1150
Κακοσκαλι	24	600	200	400
Κακοσκαλι 1	25	700	150	550
Κακοσκαλι 2	26	600	150	450
Κακοσκαλι 3	27	1000	150	850

	Κουσαλας	28	1400	200	1200
	Κουσαλας	29	400	100	300
	Βρυττονως	30	400	200	200
Αγια τριάδος		31	1400	200	1200
Καρουτας		32	1400	200	1200
Καρουτας 1		33	400	100	300
Αναυρος		34	1400	100	1300

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη υψομετρική διαφορά υπάρχει στη λεκάνη του υδατορεύματος Αναυρος και η μικρότερη στη λεκάνη του υδατορεύματος Χαλόρεμα.

3.1.9. Μέση ετήσια γενική διάβρωση μέθοδος του (Gavrilovič)

Η μέθοδος προσδιορίζει την μέση ετήσια γενική διάβρωση ή υποβάθμιση στις ορεινές λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων.

Η εξίσωση του Gavrilovič έχει την ακόλουθη μορφή

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F \quad (\text{m}^3/\text{έτος})$$

όπου W: όγκος μέσης, ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών στην ορεινή λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος (m³/έτος). Εκφράζεται σε συμπαγή όγκο φερτών υλών. Για την αναγωγή του σε φαινόμενο όγκο πολλαπλασιάζεται, επί 1,28- 1,32 (το πορώδες των φυσικών αποθέσεων καταλαμβάνει τα 0,28-0,32 του φαινόμενου όγκου).

T : συντελεστής θερμοκρασίας, ο οποίος παρέχεται από τη σχέση

$$T = \sqrt{t^0 \frac{1}{10} + 0.1}$$

t^0 : μέση ετήσια θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης απορροής (°C)

h : μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης (mm)

π : ο αριθμός 3,14159...

F : επιφάνεια της λεκάνης (km²)

z : συντελεστής διάβρωσης, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z = \chi * \gamma * (\varphi + \sqrt{j})$$

χ : συντελεστής που εκφράζει τη μείωση της αντίστασης του γεωλογικού υποθέματος κατά της διάβρωσης ανάλογα με την κατάσταση και την καλλιέργεια της επιφάνειας του, με βάση την παρουσία της βλάστησης.

Δίνεται από τον πίνακα 1. Κυμαίνεται μεταξύ 0,05 και 1,0

γ : συντελεστής διαβρωσιμότητας του γεωλογικού υποθέματος, ο οποίος εξαρτάται από την πετρολογική και εδαφολογική σύσταση των λεκανών.

Παρέχεται από τον πίνακα 2. Κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 2,0

φ : συντελεστής, που εκφράζει το είδος και το βαθμό της διάβρωσης των λεκανών απορροής. Παρέχεται από το πίνακα 3. Κυμαίνεται μεταξύ 0,9 και 1,0

j : μέση κλίση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, ως εφαιπτόμενης γωνίας (-).

Πίνακας j1

Τιμές του συντελεστή χ στον τύπο του **Gavrilovič**

**Περιγραφή της ορεινής λεκάνης
απορροής και της μορφής του
φυτοκαλύμματός της**

Μέση τιμή συντελεστή χ

<i>I. Λεκάνες απορροής πριν από την εκτέλεση υδρονομικών έργων:</i>	
Έδαφος πλήρως υποβαθμισμένο, μη καλλιεργήσιμο	1,00
Αγροί καλλιεργούμενοι σε κλιτύες	0,90
Αμπελώνες χωρίς βλάστηση στο έδαφος	0,70
Υποβαθμισμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες με υποβαθμισμένο έδαφος	0,60
Λιβάδια, αγροί με τριφύλλι και άλλες παρόμοιες καλλιέργειες	0,40
Εκτεταμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες σε καλή κατάσταση	0,05
<i>II. Λεκάνες απορροής μετά από την εκτέλεση υδρονομικών έργων:</i>	

Διευθετημένες κοίτες με φράγματα	0,70
Αγροί καλλιεργούμενοι συχνά κατά τις ισοϋψείς	0,63
Αγροί καλά καλλιεργούμενοι	0,54
Αγροί καλλιεργούμενοι κατά λωρίδες οριζόντιες	0,45
Αγροί βαθμιδωμένοι	0,36
Αμπελώνες κατά τις ισοϋψείς	0,32
Υποβαθμισμένα εδάφη μετά από αναχλόαση, βελτιωμένα λιβάδια	0,30
Εδάφη με αγωγούς ανάσχεσης και συγκράτησης του νερού	0,27
Επιφάνειες λεκανών με αναδασώσεις συνοδευόμενες και από βαθμίδωση του εδάφους	0,10

III. Μορφή του φυτοκαλυμματος:	
Μικτές δασοσυστάδες και πυκνοί θαμνώνες ή δασοσυστάδες αραιές με υπόροφο	0,05-0,20
Δασοσυστάδες κωνοφόρων με υπόροφο ασθενή ή θαμνώνες όχι σύμπυκνοι	0,20-0,60
Δασοσυστάδες κωνοφόρων και θαμνώνες υποβαθμισμένοι, λιβάδια	0,40-0,60
Λιβάδια και εδάφη καλλιεργούμενα, υποβαθμισμένα	0,60,-0,80
Επιφάνειες χωρίς φυτοκάλυμμα	0,80-1,00

Πίνακας j2

Τιμές του συντελεστή γ στον τύπο του **Gavrilovič**

Είδος πετρώματος και υπεδάφους

Τιμή του συντελεστή γ

Σκληρά πετρώματα, ανθεκτικά στην διάβρωση	0,20-0,60
Πετρώματα μετρίως ανθεκτικά στη διάβρωση	0,60-1,00
Εύθρυπτα πετρώματα (σχίστες, συμπαγείς άργιλλοι κλπ.)	1,0-1,3
Αποθέσεις, μορένες, άργιλλοι, ψαμόλιθοι και άλλα λιγότερο ανθεκτικά πετρώματα	1,3-1,8
Πολύ ευαίσθητα στη διάβρωση πετρώματα και εδάφη	1,8-2,0

Πίνακας j3

Τιμές του συντελεστή φ στον τύπο του **Gavrilovič**

Είδος και βαθμός

Τιμή του συντελεστή φ

διάβρωσης των λεκανών

Ασθενής διάβρωση στις λεκάνες απορροής	0,1-0,2
--	---------

Διάβρωση επιφανειακή στα 25-50 % της λεκάνης	0,3-0,5
Επιφανειακή διάβρωση, ολισθήσεις και αποθέσεις, καρστική διάβρωση	0,6-0,7
Τα 50 - 80% της λεκάνης υποβαθμισμένα από χαραδρώσεις και ολισθήσεις	0,8-0,9
Λεκάνες πλήρως υποβαθμισμένες από έντονες διαβρώσεις και ολισθήσεις	0,9-1,0

Λεκάνη	t^0	T	X	Y	Φ	\sqrt{J}	$\Phi+\sqrt{J}$	$Z=X*Y*(\Phi+\sqrt{J})$
1	15	1,26	0,16	0,40	0,7	6,41	7,11	0,461
2	15	1,26	0,16	0,48	0,7	5,17	5,87	0,458
3	15	1,26	0,16	0,38	0,7	5,73	6,43	0,393
4	15	1,26	0,16	0,42	0,7	6,91	7,61	0,520
5	15	1,26	0,16	0,23	0,7	3,19	3,89	0,147
6	15	1,26	0,16	0,39	0,7	3,93	4,63	0,292
7	15	1,26	0,16	0,40	0,7	6,48	7,18	0,468
8	15	1,26	0,16	0,48	0,7	6,58	7,28	0,563
9	15	1,26	0,16	0,36	0,7	3,73	4,43	0,261
10	15	1,26	0,16	0,40	0,7	6,85	7,55	0,491
11	15	1,26	0,16	0,40	0,7	7,24	7,94	0,516
12	15	1,26	0,16	0,40	0,7	6,85	7,55	0,491
13	15	1,26	0,16	0,41	0,7	6,08	6,78	0,456
14	15	1,26	0,16	0,39	0,7	6,69	7,39	0,472
15	15	1,26	0,16	0,40	0,7	4,54	5,24	0,343
16	15	1,26	0,16	0,42	0,7	6,44	7,14	0,482
17	15	1,26	0,16	0,39	0,7	7,23	7,93	0,506
18	15	1,26	0,16	0,40	0,7	4,99	5,69	0,370
19	15	1,26	0,16	0,40	0,7	7,96	8,66	0,563
20	15	1,26	0,16	0,41	0,7	5,53	6,23	0,413
21	15	1,26	0,16	0,40	0,7	6,08	6,78	0,437
22	15	1,26	0,16	0,48	0,7	5,54	6,24	0,491
23	17,1	1,35	0,18	0,36	0,6	5,54	6,14	0,405
24	17,1	1,35	0,18	0,40	0,6	5,70	6,30	0,465
25	17,1	1,35	0,18	0,40	0,6	6,28	6,88	0,508
26	17,1	1,35	0,18	0,40	0,6	5,88	6,48	0,480
27	17,1	1,35	0,18	0,40	0,6	6,41	7,01	0,516
28	17,1	1,35	0,18	0,40	0,6	6,58	7,18	0,530
29	17,1	1,35	0,18	0,85	0,6	6,45	7,05	1,105
30	17,1	1,35	0,18	0,12	0,6	3,28	3,88	0,089
31	17,1	1,35	0,18	0,65	0,6	6,13	6,73	0,807
32	17,1	1,35	0,18	0,20	0,6	6,25	6,85	0,255
33	17,1	1,35	0,18	0,45	0,6	4,79	5,39	0,444
34	17,1	1,35	0,18	0,35	0,6	5,32	5,92	0,388

Π	h	\sqrt{z}^3	F	W	W/F
3,14	2188,08	0,313153	26,709	57465,52	2151,541
3,14	1813,53	0,309866	4,652	8208,601	1764,532
3,14	1760,83	0,246804	4,884	6664,614	1364,581
3,14	1884,78	0,374728	11,521	25550,32	2217,717
3,14	1668,25	0,056341	2,459	725,7247	295,13
3,14	1686,66	0,157392	4,764	3971,115	833,5674
3,14	2050,06	0,319687	19,329	39776,76	2057,88
3,14	2061,48	0,422856	15,488	42393,22	2737,165
3,14	1609,05	0,133098	2,69	1808,936	672,4668
3,14	1591,40	0,344548	20,889	35964,71	1721,706
3,14	1609,98	0,370884	1,228	2302,429	1874,943
3,14	2083,40	0,344299	5,051	11376,66	2252,357
3,14	1784,50	0,307774	4,974	8577,929	1724,553
3,14	2026,28	0,324583	7,351	15181,03	2065,165
3,14	1609,98	0,200621	0,713	723,1279	1014,205
3,14	1884,78	0,335002	5,406	10718	1982,613
3,14	1758,09	0,359606	4,154	8246,394	1985,169
3,14	1667,32	0,225234	2,912	3433,806	1179,192
3,14	1622,04	0,422991	3,361	7240,855	2154,375
3,14	1734,62	0,264982	2,594	3743,876	1443,283
3,14	1746,23	0,288959	3,658	5795,765	1584,408
3,14	1680,22	0,34423	1,952	3545,064	1816,119
3,14	820,83	0,257807	37,105	24655,24	664,4722
3,14	719,67	0,316774	1,435	1027,222	715,8343
3,14	690,87	0,361986	2,323	1824,172	785,2656

3,14	668,39	0,332418	1,835	1280,201	697,657
3,14	688,76	0,370333	4,191	3356,664	800,9221
3,14	900,92	0,385779	8,803	9606,898	1091,321
3,14	599,61	1,162242	1,565	3424,612	2188,251
3,14	605,16	0,026735	13,212	671,1855	50,8012
3,14	904,43	0,725113	22,584	46506,11	2059,25
3,14	904,43	0,128676	5,201	1900,587	365,4272
3,14	611,98	0,295987	4,298	2444,577	568,7709
3,14	966,95	0,24139	9,347	6850,536	732,9128

Αυτά είναι τα στοιχεία που προέκυψαν από τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς. Στην τελευταία στήλη παίρνουμε το πηλίκο της μέσης ετήσιας διάβρωσης με την έκταση της λεκάνης απορροής, και αυτό το μέγεθος θα χρησιμοποιήσουμε για να δούμε το βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους.

Οι συσχετίσεις έγιναν στο στατιστικό πρόγραμμα spss.

3.2. Σχέση Gavrilovič και έκταση λεκάνης απορροής

Correlations

			GABRI	EMV_LEK
Spearman's rho	GABRI	Correlation Coefficient	1,000	,875**
		Sig. (2-tailed)	,	,000
		N	34	34
	EMV_LEK	Correlation Coefficient	,875**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,
		N	34	34

** . Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στο εμβαδόν της

λεκάνης απορροής δηλαδή όσο αυξάνεται το εμβαδόν της λεκάνης τόσο αυξάνεται και η μέση ετήσια διάβρωση.

3.3. Σχέση Gavrilovič και γεωλογικού υποθέματος.

Χωρίσαμε το γεωλογικό υπόθεμα σε δύο κατηγορίες για την εξυπηρέτηση της συσχέτισης, στη μία πήραμε ότι έχει σχέση με λίθους και στην άλλη πήραμε τα υπόλοιπα.

Correlations

			GAVRILOV	MAR	OXIMAR
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,361*	-,321
		Sig. (2-tailed)	,	,036	,064
		N	34	34	34
	MAR	Correlation Coefficient	,361*	1,000	-,978**
		Sig. (2-tailed)	,036	,	,000
		N	34	34	34
	OXIMAR	Correlation Coefficient	-,321	-,978**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,064	,000	,
		N	34	34	34

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει ουδέτερη συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στο γεωλογικό υπόθεμα δηλαδή δεν επηρεάζει πάρα πολύ η γεωλογική σύσταση τη διάβρωση.

3.4. Σχέση Gavrilonič και μέσου ετήσιου ύψους βροχής.

Correlations

			GAVRILOV	MESO_ET
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,611**
		Sig. (2-tailed)	,	,000
		N	34	34
	MESO_ET	Correlation Coefficient	,611**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,
		N	34	34

** . Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στο μέσο ετήσιο ύψους βροχής δηλαδή όσο αυξάνεται το μέσο ετήσιο ύψους βροχής τόσο αυξάνεται και η μέση ετήσια διάβρωση.

3.5. Σχέση Gavrilonič και υπομετρικής διαφοράς.

Correlations

			GAVRILOV	UPSOMDIA
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,255
		Sig. (2-tailed)	,	,146
		N	34	34
	UPSOMDIA	Correlation Coefficient	,255	1,000
		Sig. (2-tailed)	,146	,
		N	34	34

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στην υπομετρική διαφορά δηλαδή δεν επηρεάζει η υπομετρική διαφορά τη διάβρωση.

3.6. Σχέση Gavrilonič και μήκους κεντρικής κοίτης.

Correlations

			GAVRILOV	MIKOS KE
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,397*
		Sig. (2-tailed)	,	,020
		N	34	34
	MIKOS_KE	Correlation Coefficient	,397*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,020	,
		N	34	34

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει χαλαρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στο μήκος κεντρικής κοίτης δηλαδή όσο αυξάνεται το μήκος κεντρικής κοίτης τόσο αυξάνεται και η μέση ετήσια διάβρωση.

3.7. Σχέση Gavrilonič και μέση κλίση κεντρικής κοίτης.

Correlations

			GAVRILOV	MESI_KLI
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	-,358*
		Sig. (2-tailed)	,	,038
		N	34	34
	MESI_KLI	Correlation Coefficient	-,358*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,038	,
		N	34	34

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει χαλαρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στη μέση κλίση κεντρικής κοίτης δηλαδή όσο αυξάνεται η μέση κλίση κεντρικής κοίτης τόσο μειώνεται και η μέση ετήσια διάβρωση, και αυτό γιατί όσο μικρότερες κλίσεις έχουμε τόσο μεγαλύτερα μήκη κεντρικής κοίτης και το αντίστροφο πράγμα που επιβεβαιώνεται και με την προηγούμενη συσχέτιση.

3.8. Σχέση Gavrilovič και μέση κλίση λεκάνης απορροής.

Correlations

			GAVRILOV	MESI_K_A
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,637**
		Sig. (2-tailed)	,	,000
		N	34	34
	MESI_K_A	Correlation Coefficient	,637**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	,
		N	34	34

**. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στη μέση κλίση λεκάνης απορροής δηλαδή όσο αυξάνεται η μέση κλίση λεκάνης απορροής τόσο αυξάνεται και η μέση ετήσια διάβρωση.

3.9. Σχέση Gavrilonič και περίμετρος λεκάνης απορροής.

Correlations

			GAVRILOV	PERIMETE
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,302
		Sig. (2-tailed)	,	,082
		N	34	34
	PERIMETE	Correlation Coefficient	,302	1,000
		Sig. (2-tailed)	,082	,
		N	34	34

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στην περίμετρο λεκάνης απορροής δηλαδή δεν επηρεάζει η περίμετρος λεκάνης απορροής τη διάβρωση.

3.10. Σχέση Gavrilonič και μέσου υψόμετρου λεκάνης απορροής.

Correlations

			GAVRILOV	MESO UPS
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,205
		Sig. (2-tailed)	,	,246
		N	34	34
	MESO_UPS	Correlation Coefficient	,205	1,000
		Sig. (2-tailed)	,246	,
		N	34	34

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στο μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής δηλαδή δεν επηρεάζει το μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής τη διάβρωση.

3.11. Σχέση Gavrilovič και βλάστησης.

Χωρίσαμε το βλάστηση σε δύο κατηγορίες για την εξυπηρέτηση της συσχέτισης, στη μία πήραμε ότι έχει σχέση με δάσος και στην άλλη πήραμε τα υπόλοιπα (βοσκότοποι, λιβάδια, οικισμοί).

Correlations

			GAVRILOV	DASOS	OXI DASO
Spearman's rho	GAVRILOV	Correlation Coefficient	1,000	,444**	-,444**
		Sig. (2-tailed)	,	,009	,009
		N	34	34	34
	DASOS	Correlation Coefficient	,444**	1,000	-1,000**
		Sig. (2-tailed)	,009	,	,000
		N	34	34	34
	OXI_DASO	Correlation Coefficient	-,444**	-1,000**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,009	,000	,
		N	34	34	34

** . Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Αυτό που βλέπουμε από τα παραπάνω είναι ότι υπάρχει χαλαρή συσχέτιση ανάμεσα στην μέση ετήσια διάβρωση και στην ύπαρξη ή όχι δάσους δηλαδή **δεν φαίνεται να επηρεάζει την ετήσια διάβρωση.**

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το νερό έχει ουσιαστική σημασία για τη ζωή, διότι αποτελεί βασικό συστατικό όλων των οργανισμών, χρήσιμο διαλυτικό, όσο και μεταφορικό μέσο και σπουδαίο φορέα ενέργειας.

Το νερό ως είδος πρώτης ανάγκης εξωθούσε τον άνθρωπο από τα πανάρχαια χρόνια να δημιουργεί τους οικισμούς κοντά σε πηγές ή κατά προτίμηση, σε παρόχθιες περιοχές των υδάτινων ρευμάτων ιδίως περί τον χώρο των εκβολών τους. Μ' αυτό τον τρόπο εξασφάλιζαν οι προγονοί μας τη διηλεκτή ικανοποίηση των αναγκών τους για ύδρευση και άρδευση, ακόμη και για επικοινωνία ή άμυνα. Οι παρόχθιοι όμως οικισμοί υφίσταντο ταυτόχρονα και την καταστροφική μανία του ρέοντος ύδατος ή τις επιβλαβείς επιδράσεις από την τυχόν έλλειψη του. Ο άνθρωπος αισθανόταν τότε αδυναμία να προστατευθεί από τη δράση του νερού, γι αυτό θεοποίησε τη δύναμη του και προσπάθησε να εξευμενίζει το υγρό στοιχείο με προσευχές και θυσίες.

Ακόμα και σήμερα όμως και για εμάς τους σύγχρονους ανθρώπους το πρόβλημα υπάρχει.

Τα ύδατα φθάνουν στην επιφάνεια της χέρσου με μορφή κατακρημνισμάτων, δηλαδή βροχής, χιονιού ή χαλάζιου. Από αυτά ένα μέρος εξατμίζεται ήδη κατά την πτώση του και επιστρέφει αμέσως στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος τους όμως φθάνει στο έδαφος. Από το νερό αυτό ένα σημαντικό μέρος εξατμίζεται απ' ευθείας από την εδαφική επιφάνεια ή διαμέσου των φυτών (διαπνοή). Ένα άλλο διηθείται προς τα βαθύτερα

στρώματα της Γης σχηματίζοντας τα υπόγεια νερά και τις πηγές και εμπλουτίζοντας το έδαφος με υγρασία. Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού όμως απορρέ

ει επιφανειακά προς τις χαμηλότερες περιοχές σχηματίζοντας υδάτινα νάματα, υδατοφλέβες, μικρά ρεύματα, χείμαρρους, χείμαρρο-ποτάμους, ποταμούς, που τελικά καταλήγουν σε ένα μεγαλύτερο αποδέκτη (λίμνη ή θάλασσα). Από εκεί το νερό εξατμίζεται και επιστρέφει πάλι στην ατμόσφαιρα.

Η ετήσια υδρολογική ανακύκλιση δεν εξελίσσεται με ομοιόμορφο τρόπο, με αποτέλεσμα η διαίτα των ρευμάτων, δηλ. η ετήσια πορεία της υδατοπαροχής τους, να παρουσιάζει συχνά βλαπτικές ανωμαλίες. Οι ισχυρές βροχοπτώσεις οδηγούν στο σχηματισμό αυξημένης υδαταπορροής και σε πλημμύρες. Αντίθετα, η έλλειψη βροχοπτώσεων ελαχιστοποιεί ή και εξαφανίζει την απορροή και προκαλεί λειψυδρία.

Κατά την ροή τους από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες περιοχές της χέρσου τα ύδατα παρασύρουν, μεταφέρουν και αποθέτουν κάθε είδους ύλες, τις οποίες αποσπούν από τον στερεό φλοιό, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται συνεχώς οι εξάρσεις της Γης, να προσχώνονται τα βυθίσματα της και να αυξάνονται και να επεκτείνονται οι πεδιάδες. Αυτή η διαβρωτική και μεταφορική δράση καθιστά το νερό έναν από τους σπουδαιότερους γεωμορφολογικούς παράγοντες. Δημιουργεί όμως σοβαρά προβλήματα στον άνθρωπο, από τα οποία τα σπουδαιότερα είναι:

οι προσχώσεις των πεδινών κοιτών, οι οποίες μειώνουν την παροχε-

-τευτικότητα των ρευμάτων και οδηγούν σε πλημμύρες και καταστροφές και
 -η υποβάθμιση και αγονοποίηση του ορεινού χώρου λόγω της απόπλυσης
 του εδάφους, της γνωστής ως "εδαφοραγίας".

Καταβάλλονται συνεχώς προσπάθειες να βρεθούν τρόποι ελέγχου του
 υδρολογικού κύκλου και των συνεπειών του, ώστε όχι μόνο να μη βλάπτεται,
 αλλά και να υπηρετείται καλύτερα ο άνθρωπος και τα συμφέροντα του.

Και όλα τα παραπάνω ζώντας σε μια εποχή με γρήγορους ρυθμούς πολλές
 απαιτήσεις ο παγκόσμιος πληθυσμός να αυξάνεται οι ανάγκες σε νερό να
 ακολουθούν με τον ίδιο ρυθμό είναι επιτακτική υποχρέωση καθενός
 ξεχωριστά και όλων μαζί είτε σε επίπεδο χωρών είτε σε επίπεδο ηπείρων να
 <<σκύψουμε>> με σοβαρότητα στο υπάρχον και αυξανόμενο μελλοντικό
 πρόβλημα.

Θα πρέπει η συλλογή στοιχείων η επεξεργασία τους και η ανάλυση των
 αποτελεσμάτων να είναι τέτοια ώστε η διαχείριση των υδάτινων πόρων να
 γίνεται με τρόπο αειφορικό ή περισσότερο αειφορικό τα επόμενα χρόνια
 δίνοντας έτσι σεβασμό στις αξίες που μας κρατάνε σαν είδος στον πλανήτη
 τόσα χρόνια.Και θέλω να κλείσω αυτή την εργασία με μια ρήση του Πίνδαρου
 <<αριστον μεν ύδωρ>>.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aulitzky H. 1982: Preliminary two-fold classification of torrents.

Aulitzky H. 1985: The mudflows in Austria (Mud rock flows and rapid debris flows)

Hartel O., Winter P. 1934 : Wildbach und Lawinenvebau Wie und Leipzig.

Hambel R., 1997 : Geschiebewirtschaft in Wildbachen. Wildbach-u. Lawinenvebauung, jg. 41 Heft 2.

Horatiis A., 1930 :institutioni di Idronomia Montana. Florenz.

Sheurlein H.. 1968: Der Raugerieabfluss.Beright Nr.14 der Versuchsantst f.Wasserbau T.U.,Munchen.

ZellerJ.,1965:Einige technische Balange des Wildbachverbaues, SZF, Nr.10/11

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εμμανουλούδης Δ., 1990 : Οι φυσικοί αποθεματικοί σχηματισμοί των χειμαρρικών ρευμάτων στον ελλαδικό χώρο. (ιδ. Διατριβή).Επιστ. Επετηρίδα του τμήματος Δασολογίας και Φ.Π ., Τόμος ΛΒ΄, Παράρτημα 12.

Κουτσογιάννης, Δ. 1997. Στατιστική Υδρολογία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Έκδοση 4η.

Κωτούλας Δ. (1973). Οι Χειμαρρικοί Τύποι της Ελλάδος. Συνοπτική Περιγραφή. Εργαστήριο Δασοκομίας και Ορεινής Υδρονομικής, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (1983-84). Προστασία από Διάβρωση – Πλημμύρες. Επιστημονική Επετηρίδα της Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος ΚΣΤ'/ΚΖ', Αριθ. 18. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας, Δ.1992: Μαθήματα Γενικής Υδρολογίας και Υδραυλικής. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας, Δ.1995: Μαθήματα Δασικής Υδρολογίας. Σελ.23-77. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας,Δ.1997: Διευθετήσεις Χειμαρρικών Ρευμάτων Ι. Θεσσαλονίκη

Κωτούλας ,Δ.1997: Διευθετήσεις Χειμαρρικών Ρευμάτων ΙΙ. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (2001). Ορεινή Υδρονομική Ι, Τα ρέοντα ύδατα, 38-62. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (2001). Ορεινή Υδρονομική ΙΙα, Μέθοδοι και Συστήματα Υδρονομικής Διευθέτησης. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., 103-107:295-298. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (2001). Ορεινή Υδρονομική ΙΙβ, Υδρονομικά έργα. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., 3-8:52. Θεσσαλονίκη.

Κωτούλας Δ. (2001). Μαθήματα Υδρολογίας και Υδραυλικής. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., 13-15:143-150. Θεσσαλονίκη.

Σαπουντζής Μ., Στάθης Δ. και Γούλας Κ. (2002). Δασοτεχνική Διευθέτηση των χειμαρρικών ρευμάτων με μικρές λεκάνες απορροής. 10ο

Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο, Μάιος 2002.

Σαπουντζής Μ. και Στάθης Δ. (2003). Η επίδραση του βαθμού δασοκάλυψης υδρολογικής λεκάνης στην πλημμυρική απορροή και στερεομεταφορά. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης. Θεσσαλονίκη.

Στεφανίδης Π. (1995). Διερεύνηση αιτιών και μηχανισμών λειτουργίας πλημμυρικών φαινομένων στον Ελλαδικό χώρο. Πρακτικά διεθνούς συμποσίου με θέμα " Προστασία και Περιβαλλοντική Διαχείριση των Ρευμάτων " ΥΠΕΧΩΔΕ, 139-140. Αθήνα.

Στεφανίδης Π. (1990). Μορφομετρική και Υδρογραφική συγκρότηση των χειμαρρικών τύπων στο χώρο της Β. Ελλάδας. (διδ. Διατριβή) Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, (παραρ.), αριθμ. 6, Τόμος. Λ'Β. Θεσσαλονίκη.

Ψιλοβίκος Α., 1981 ; Γεωμορφολογικές, μορφογενετικές, τεκτονικές, ιζηματολογικές και κλιματικές διεργασίες που οδήγησαν στο σχηματισμό και στην εξέλιξη των σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων στον Όλυμπο. (Πραγματεία για υφηγεσία, Α.Π.Θ.).

ABSTRACT

The arrangement of stream flows is an important infrastructure work for both the development of every country and the protection of its natural environment. For Greece, in particular, the arrangement of stream flows has an important meaning for the following reasons.

Firstly, our country is a mountainous country with many pelting rainfalls and it is consisted of vulnerable geological substratum. This fact together with the lack of suitable protective pseudo-mantle, especially forest (percentage of forest only 19%), combined with the destruction of natural environment due to human effects, has as a consequence the development of many, large, disastrous streams, which channel the Greek land and wash the soil away. Besides the Mediterranean features of the Greek climate, which is characterised by drought during the summer period, make many of these streams “dry lands”. This means that there is no summer runoff. Meanwhile, during the summer periods the temperature is high in the country and therefore the need for water to be used for various reasons such as watering, irrigation, industrial, hydroelectric etc. is multiplied. Many materials are

transferred through streambeds, illuviate the lowland bed, reduce the channelling dimensions and create floods.

At the same time they constitute a remarkable source of enhancement for their delta, which are systems with complex and sensitive balance, enriching them with nutrient substances and organisms. In this way the benthic organisms transfer energy from the sediment and producers to the higher consumers (fish, birds) and in this way they contribute to the trophic net and the ecosystem productivity.

For this reason Greece needs water-arrangement works.

In our country the mountainous water-arrangement activity has history. Its roots can be found in ancient Greece, with the first known stream arrangements in the recent history of Greece to go back to the end of the last century.

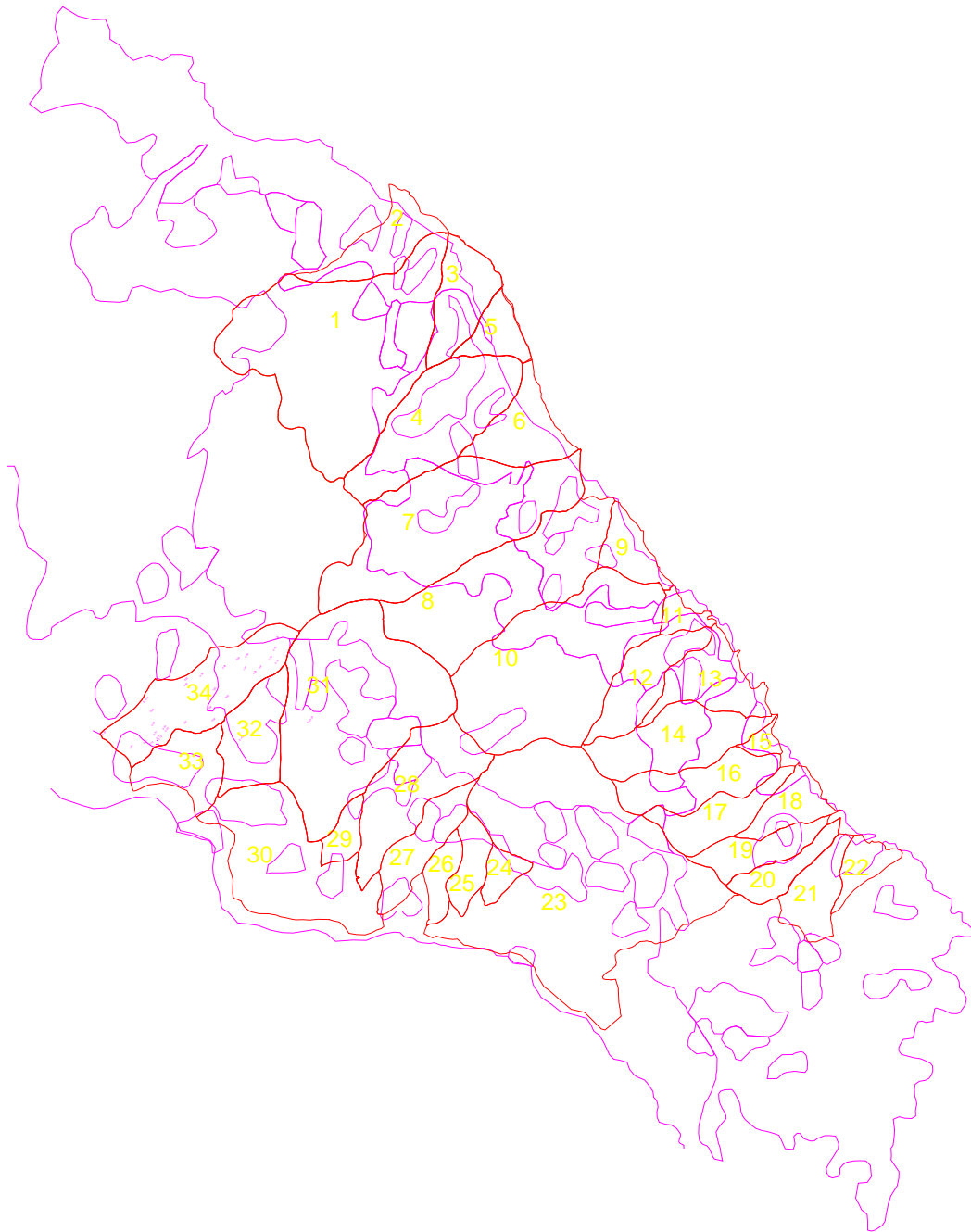
The works as regards the mountainous stream flows, which have been made in our country so far, are important. But in terms of the size of the country and the multitude of the stream flows the works are not sufficient. Many works remain to be done, while at the same time the works which have already be done must be maintained and completed systematically.

Moreover the flows in the streams should be arranged and works should be done for the production of more water. The tankage is also imposed in combination with the flood control, so as the increasing needs for water to be satisfied.

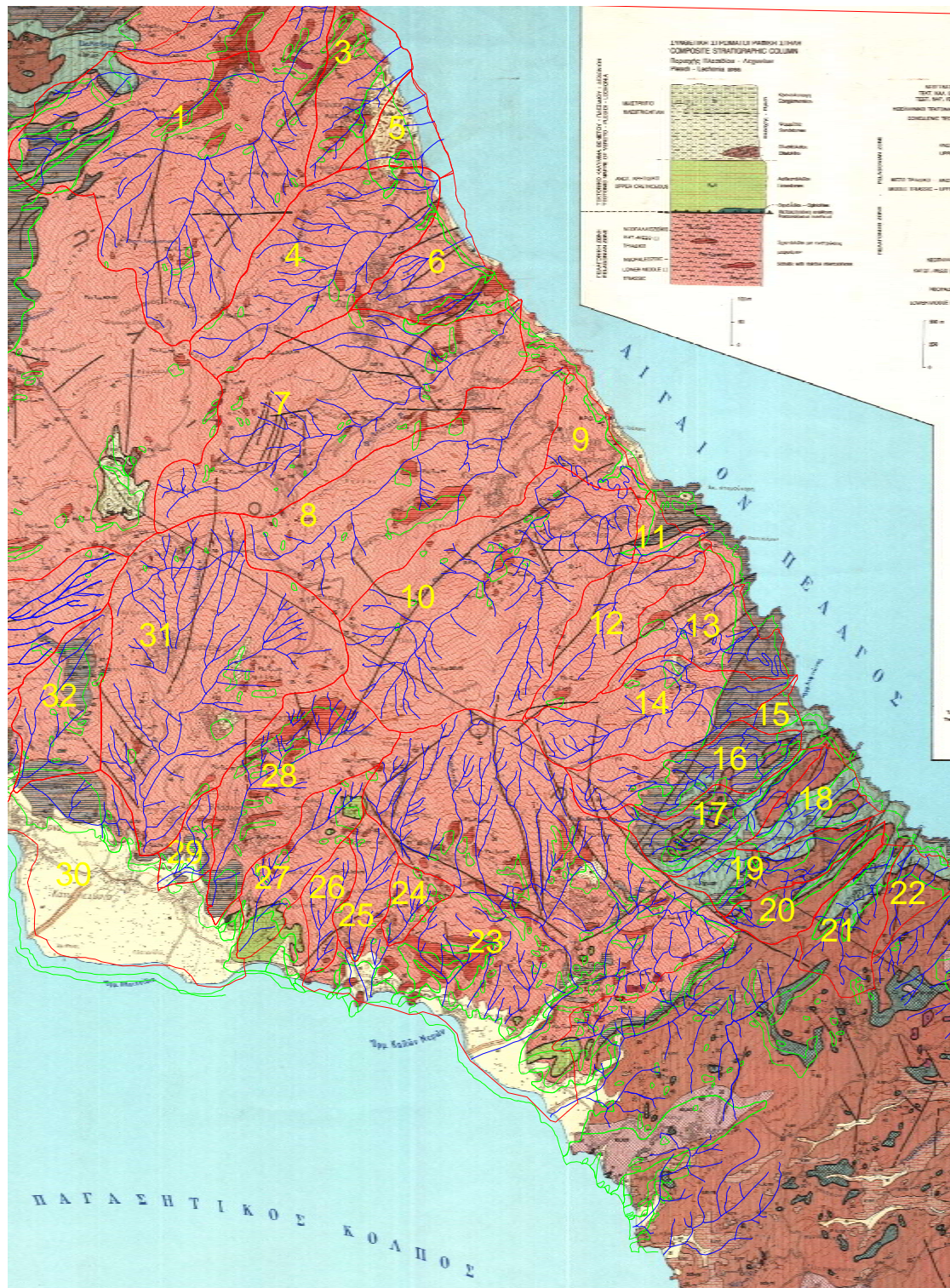
Finally, another reason that the works, as regards the mountainous stream flows, are imposed to be done is the protection of the natural environment.

The subject of this paper is the research of the deposition at the streams at the area of Pelion. In particular, we examine the morphology of the deposition formations which are created by these depositions in connection with the corresponding mountainous watersheds. In this way, the research tries to contribute to the understanding of the stream function at the lowland areas, as this function applies from the creation of the stream flows till today. In other words, it examines the consequences that the stream flows have in this area for a period of thousand years.

Finally, by studying the natural deposition formations in their undisturbed situation, this paper aspires to contribute to the protection of the natural environment as well, because these geomorphologic elements are also elements of the environment. We should all realise our “ungrateful” behaviour towards the environment which gives us so many “goods” while at the same time, in return, we destroy it.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**ΧΑΡΤΗΣ 1** ΒΛΑΣΤΗΣΗ

ΧΑΡΤΗΣ 2 ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΔΥΚΤΙΟ



ΧΑΡΤΗΣ 3 ΙΣΟΨΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ